Tijdschrift van het

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

DEEL 30 No. 1 1965

Het gebruik van vierpool-tabellen

door M. Steffelaar*)

Voordracht gehouden voor het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap op 11 december 1963 in Eindhoven.

Summary

A number of tables enable many features of four-terminal networks to be found in a surveyable way.

The method is illustrated by three examples in which electronic components are used. Thus the remarkable completeness of the results is shown and further it is made clear how intricate circuits can easily be calculated by this more or less automatic method.

1. Inleiding

Nu het gebruik van transistors snel toeneemt, ziet men steeds meer de overzichtelijke rekenmethode der vierpooltheorie toepassen.[1][2]) Ook voor schakelingen met buizen benut men nogal eens vierpooltheorie, in het bijzonder in de microgolftechniek. [3])

Wanneer twee vierpolen in cascade geschakeld worden ontstaat een nieuwe vierpool. De matrix van de nieuwe vierpool is te vinden, door de matrices der twee oorspronkelijke vierpolen met elkaar te vermenigvuldigen. Deze methode is volop in gebruik.

Wanneer echter vierpolen in serie of parallel geschakeld worden, past men slechts zelden vierpooltheorie toe, alhoewel deze hiervoor veelal goed gebruikt kan worden.

De oorzaak hiervan is, dat men slechts zelden beschikt over vierpooltabellen, waarmede men de ene matrixvorm direct in de andere transformeert. Om in deze leemte te voorzien zijn een aantal tabellen hieronder afgedrukt.

*) Technische Hogeschool, Eindhoven.

2. De vierpool-tabellen

Tabel 1

In tabel 1 zijn zes bij elkaar behorende vierpool-vergelijkingsparen gedefinieerd. Dat dit aantal zes moet bedragen; ziet men als volgt in. Tussen vier variabelen u_1, u_2, i_1 en i_2 zijn twee lineaire betrekkingen vastgelegd, welke tezamen een vergelijkingspaar vormen· Men kan kiezen welke twee grootheden men in de twee overgeblevenen wil uitdrukken. Uit een groep van vier variabelen kan men slechts zes verschillende combinaties van twee kiezen. Elke keuze leidt tot een vergelijkingspaar.

Voor de coëfficiënten zijn zes verschillende letters met ieder twee indices gebruikt zoals dit in de vierpooltheorie gebruikelijk is. De matrixcoëfficiënten z, y en h zijn praktisch altijd gedefinieerd zoals tabel 1 aangeeft. Omtrent de a-, b- en c-matrices bestaat veel minder uniformiteit. Men kan linker en rechter kolom verwisselen van bijvoorbeeld het vergelijkingspaar waarin c voorkomt.

Er ontstaat dan weer een nieuwe matrix, welke dan met een andere letter dient te worden aangeduid ((g) in [4])).

Er komen in de literatuur talrijke afwijkende matrices voor, welke door dit soort transformaties tot de matrices van tabel 1 kunnen worden herleid.[3]). Ook het teken der onafhankelijk variabelen is soms anders gekozen dan in tabel 1 staat vermeld.

Tabel 2

Wanneer van een netwerk één der zes matrices bekend is, kunnen alle andere matrices uit deze ene gegeven matrix berekend worden. Wanneer bijvoorbeeld (z) bekend is, kan (y) berekend worden, door uit de vierpoolvergelijkingen met de matrix (z) de stomen i_1 en i_2 op te lossen, en deze uit te drukken in u_1 en u_2. De coëfficiënten van u_1 en u_2 welke men dan vindt, vormen tezamen de (y)-matrix, zoals uit tabel 1 blijkt. Om rekenwerk te besparen kan men ook gebruik maken van tabel 2. Hierin is elke matrix in de coëfficiënten van elke andere matrix uitgedrukt.

Zo leest men bijvoorbeeld af, dat $y_{21} = \dfrac{-z_{21}}{z_{22}z_{11} - z_{12}z_{21}}$ in de tweede rij, eerste kolom links onder. Door middel van tabel 2

Tabel 1

$u_1 = z_{11} i_1 + z_{12} i_2$ $u_2 = z_{21} i_1 + z_{22} i_2$	$u_1 = a_{11} u_2 + a_{12} (-i_2)$ $i_1 = a_{21} u_2 + a_{22} (-i_2)$
$i_1 = y_{11} u_1 + y_{12} u_2$ $i_2 = y_{21} u_1 + y_{22} u_2$	$u_2 = b_{11} u_1 + b_{12} (-i_1)$ $i_2 = b_{21} u_1 + b_{22} (-i_1)$
$u_1 = h_{11} i_1 + h_{12} u_2$ $i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} u_2$	$i_1 = c_{11} i_2 + c_{12} u_1$ $u_2 = c_{21} i_2 + c_{22} u_1$

$z = \| z \| = z_{22} \cdot z_{11} - z_{21} \cdot z_{12}$ (voor de andere letters overeenkomstig)

Tabel 2

	z		y		h		a		b		c	
(z) =	z_{11}	z_{12}	$\frac{y_{22}}{y}$	$\frac{-y_{12}}{y}$	$\frac{h}{h_{22}}$	$\frac{h_{12}}{h_{22}}$	$\frac{a_{11}}{a_{21}}$	$\frac{a}{a_{21}}$	$\frac{b_{22}}{b_{21}}$	$\frac{1}{b_{21}}$	$\frac{1}{c_{12}}$	$\frac{-c_{11}}{c_{12}}$
	z_{21}	z_{22}	$\frac{-y_{21}}{y}$	$\frac{y_{11}}{y}$	$\frac{-h_{21}}{h_{22}}$	$\frac{1}{h_{22}}$	$\frac{1}{a_{21}}$	$\frac{a_{22}}{a_{21}}$	$\frac{b}{b_{21}}$	$\frac{b_{11}}{b_{21}}$	$\frac{c_{22}}{c_{12}}$	$\frac{-c}{c_{12}}$
(y) =	$\frac{z_{22}}{z}$	$\frac{-z_{12}}{z}$	y_{11}	y_{12}	$\frac{1}{h_{11}}$	$\frac{-h_{12}}{h_{11}}$	$\frac{a_{22}}{a_{12}}$	$\frac{-a}{a_{12}}$	$\frac{b_{11}}{b_{12}}$	$\frac{-1}{b_{12}}$	$\frac{-c}{c_{21}}$	$\frac{c_{11}}{c_{21}}$
	$\frac{-z_{21}}{z}$	$\frac{z_{11}}{z}$	y_{21}	y_{22}	$\frac{h_{21}}{h_{11}}$	$\frac{h}{h_{11}}$	$\frac{-1}{a_{12}}$	$\frac{a_{11}}{a_{12}}$	$\frac{-b}{b_{12}}$	$\frac{b_{22}}{b_{12}}$	$\frac{-c_{22}}{c_{21}}$	$\frac{1}{c_{21}}$
(h) =	$\frac{z}{z_{22}}$	$\frac{z_{12}}{z_{22}}$	$\frac{1}{y_{11}}$	$\frac{-y_{12}}{y_{11}}$	h_{11}	h_{12}	$\frac{a_{12}}{a_{22}}$	$\frac{a}{a_{22}}$	$\frac{b_{12}}{b_{11}}$	$\frac{1}{b_{11}}$	$\frac{-c_{21}}{c}$	$\frac{c_{11}}{c}$
	$\frac{-z_{21}}{z_{22}}$	$\frac{1}{z_{22}}$	$\frac{y_{21}}{y_{11}}$	$\frac{y}{y_{11}}$	h_{21}	h_{22}	$\frac{-1}{a_{22}}$	$\frac{a_{21}}{a_{22}}$	$\frac{-b}{b_{11}}$	$\frac{b_{21}}{b_{11}}$	$\frac{c_{22}}{c}$	$\frac{-c_{12}}{c}$
(a) =	$\frac{z_{11}}{z_{21}}$	$\frac{z}{z_{21}}$	$\frac{-y_{22}}{y_{21}}$	$\frac{-1}{y_{21}}$	$\frac{-h'}{h_{21}}$	$\frac{-h_{11}}{h_{21}}$	a_{11}	a_{12}	$\frac{b_{22}}{b}$	$\frac{b_{12}}{b}$	$\frac{1}{c_{22}}$	$\frac{c_{21}}{c_{22}}$
	$\frac{1}{z_{21}}$	$\frac{z_{22}}{z_{21}}$	$\frac{-y}{y_{21}}$	$\frac{-y_{11}}{y_{21}}$	$\frac{-h_{22}}{h_{21}}$	$\frac{-1}{h_{21}}$	a_{21}	a_{22}	$\frac{b_{21}}{b}$	$\frac{b_{11}}{b}$	$\frac{c_{12}}{c_{22}}$	$\frac{-c}{c_{22}}$
(b) =	$\frac{z_{22}}{z_{12}}$	$\frac{z}{z_{12}}$	$\frac{-y_{11}}{y_{12}}$	$\frac{-1}{y_{12}}$	$\frac{1}{h_{12}}$	$\frac{h_{11}}{h_{12}}$	$\frac{a_{22}}{a}$	$\frac{a_{12}}{a}$	b_{11}	b_{12}	$\frac{c}{c_{11}}$	$\frac{-c_{21}}{c_{11}}$
	$\frac{1}{z_{12}}$	$\frac{z_{11}}{z_{12}}$	$\frac{-y}{y_{12}}$	$\frac{-y_{22}}{y_{12}}$	$\frac{h_{22}}{h_{12}}$	$\frac{h}{h_{12}}$	$\frac{a_{21}}{a}$	$\frac{a_{11}}{a}$	b_{21}	b_{22}	$\frac{-c_{12}}{c_{11}}$	$\frac{-1}{c_{11}}$
(c) =	$\frac{-z_{12}}{z_{11}}$	$\frac{1}{z_{11}}$	$\frac{y_{12}}{y_{22}}$	$\frac{y}{y_{22}}$	$\frac{-h_{12}}{h}$	$\frac{h_{22}}{h}$	$\frac{-a}{a_{11}}$	$\frac{a_{21}}{a_{11}}$	$\frac{-1}{b_{22}}$	$\frac{b_{21}}{b_{22}}$	c_{11}	c_{12}
	$\frac{z}{z_{11}}$	$\frac{z_{21}}{z_{11}}$	$\frac{1}{y_{22}}$	$\frac{-y_{21}}{y_{22}}$	$\frac{h_{11}}{h}$	$\frac{-h_{21}}{h}$	$\frac{a_{12}}{a_{11}}$	$\frac{1}{a_{11}}$	$\frac{b_{12}}{b_{22}}$	$\frac{b}{b_{22}}$	c_{21}	c_{22}
Reciprociteit	$z_{12} = z_{21}$		$y_{12} = y_{21}$		$h_{12} = -h_{21}$		$a = 1$		$b = 1$		$c_{11} = -c_{22}$	
1 2	s s	+	p p	+	s p	+	c	.	c	⌐.┘	p s	+

kan men daarom direct elke vierpoolcoëfficiënt berekenen. zodra één matrix bekend is.

In deze tabel is ook een regel opgenomen, waarin de betrekking staat genoteerd welke geldt voor reciproke netwerken.

De laatste regel van tabel 1 geeft verkort aan, hetgeen tabel 3 uitvoerig illustreert.

Tabel 3

In tabel 3 is aangegeven hoe men de matrix-coëfficiënten van een vierpool kan vinden, wanneer deze vierpool bestaat uit de combinatie van twee andere vierpolen. Wanneer zowel ingang als uitgang in serie zijn geschakeld, wordt de (z) gevonden door (z') en (z'') bij elkaar op te tellen, volgens de matrixoptelling. Deze matrixoptelling is als volgt gedefinieerd:

$$(z) = (z') + (z'') \text{ als:}$$

$$z_{11} = z'_{11} + z''_{11} \quad , \quad z_{12} = z'_{12} + z''_{12}$$

$$z_{21} = z'_{21} + z''_{21} \quad , \quad z_{22} = z'_{22} + z''_{22}$$

Voor de (y), (h) en (c) gelden voor soortgelijke schakelingen overeenkomstige formules. De juistheid hiervan volgt direct uit de definitie-formules der matrices, de schakelschema's en de wetten van Kirchhoff.

Bij cascadeschakeling gelden twee formules; met de stip is matrixvermenigvuldiging bedoeld. Deze vermenigvuldiging is als volgt gedefinieerd:

$$(a) = (a') \, . \, (a'') \quad \text{als}$$

$$a_{11} = a'_{11} a''_{11} + a'_{12} a''_{21} \quad (= \sum_i a'_{1i} a''_{i1})$$

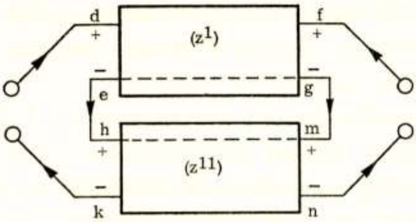
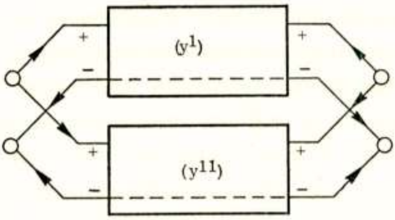
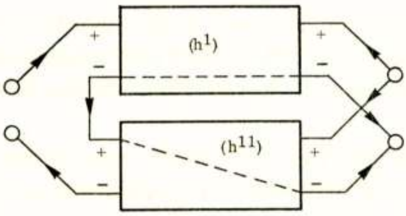
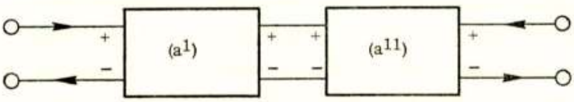
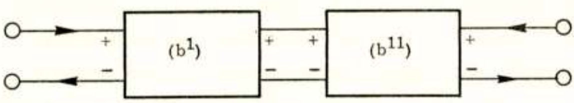
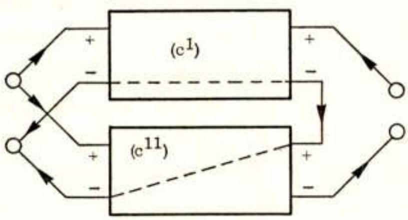
$$a_{12} = a^{i}_{11} a''_{12} + a'_{12} a''_{22} \quad (= \sum_i a'_{1i} a''_{i2})$$

$$a_{21} = a'_{21} a''_{11} + a'_{22} a''_{21} \quad (= \sum_i a'_{2i} a''_{i1})$$

$$a_{22} = a'_{21} a''_{12} + a'_{22} a''_{22} \quad (= \sum_i a'_{2i} a''_{i2})$$

Zoals men ziet is deze vermenigvuldiging niet commutatief, verwisseling van (b') en (b'') is daarom niet toegestaan. Ook van deze betrekkingen vindt men de juistheid uit de definitieformules der matrices, de schakelschema's en de wetten van Kirchhoff.

Tabel 3

	$(z) = (z^{1}) + (z^{11})$
	$(y) = (y^{1}) + (y^{11})$
 $\left\{\begin{matrix} -h_{12} \\ -h_{21} \end{matrix}\right.$	$(h) = (h^{1}) + (h^{11})$
	$(a) = (a^{1}) . (a^{11})$
	$(b) = (b^{11}) . (b^{1})$
 $\left\{\begin{matrix} -c_{11} \\ -c_{22} \end{matrix}\right.$	$(c) = (c^{1}) + (c^{11})$

Wanneer men van deze formules gebruik maakt wordt verondersteld dat de beide vierpolen, ondanks de schakeling welke wordt gebruikt, toch als vierpolen blijven functioneren. Dit betekent, dat de stroom aan de beide ingangsklemmen gelijk en tegengesteld moet zijn.[6]) Ook de uitgangsklemmen moeten gelijke en tegengestelde stromen voeren.

Deze eis is bij cascadeschakeling nimmer in gevaar. Bij de vier andere schakelingen moet echter voorzichtigheid worden betracht. Wanneer de spanning u_{eg} tussen de klemmen *e-g* van de vierpool (z') en de spanning u_{hm} tussen de klemmen *h-m* van de vierpool (z'') (van tabel 3) niet aan elkaar gelijk zijn vóórdat de doorverbinding tot stand komt, zal er een kringstroom *e-g-m-h* ontstaan zodra de doorverbindingen worden aangebracht. Dan wordt het vierpoolkarakter der beide vierpolen aangetast.

Alleen wanneer deze kringstroom nul is, zullen de opgegeven formules juist zijn. Wanneer de kringstroom niet nul is, zal wél een nieuwe vierpool ontstaan; de vierpoolcoëfficiënten zullen echter niet uit de vierpoolcoëfficiënten der deelvierpolen te vinden zijn.

Deze vierpoolcoëfficiënten geven immers geen enkele informatie over de spanningen u_{eg} en u_{hm}. Men moet dan uitgebreider zijn geinformeerd, dan alleen door de kennis der vierpoolcoëfficiënten.

De kringstroom *e-g-m-h* zal nul zijn, indien de spanningen u_{eg} en u_{hm} aan elkaar gelijk zijn, of wanneer de impedantie in deze kring oneindig groot is. De kringstroom zal steeds nul zijn, indien de beide vierpolen ieder één klemmenpaar hebben doorverbonden, zoals in tabel 3 gestippeld is aangegeven. Deze twee kortgesloten klemmen moeten dan zodanig worden geplaatst, dat de kringstroom nul is. Wanneer een vierpool twee kortgesloten klemmen heeft, dan kiest men daarvoor veelal de onderste twee. Men spreekt wel over „vierpolen met doorlopende aardleiding". Uit tabel 3 blijkt dat men dan soms een transformatie moet uitvoeren, om tot de daar gestippelde kortsluitingen te komen. Berekening leert, dat het spiegelen der vierpolen om een horizontale as, geen verandering brengt in de vierpoolcoëfficiënten. Wanneer echter alleen de ingangsklemmen worden verwisseld, veranderen o.a. h_{12} en h_{21} van teken. Worden alleen de uitgangsklemmen verwisseld dan veranderen o.a. c_{11} en c_{22} van teken. Deze aanwijzingen zijn in tabel 3 opgenomen.

Doordat de berekeningen aan vierpolen veelal betrekking hebben op vierpolen met doorgaande aardleiding, zijn de aan-

Tabel 4

z_0	$z_{11}-z_{21}$	z_{11}	z_{12}	z_{22}	$z_{22}-z_{21}$
$z_{11}-z_{12}$	z_{11}	z_{21}	z_{22}	$z_{22}-z_{12}$	z_0
z_{11}	$z_{11}-z_{12}$	z_{22}	z_{21}	z_0	$z_{22}-z_{12}$
$z_{11}-z_{21}$	z_0	z_{12}	z_{11}	$z_{22}-z_{21}$	z_{22}

$z_0 = z_{22} + z_{11} - z_{21} - z_{12}$

$\frac{a_0-1}{a_0-a_{22}}$	$\frac{a_{12}}{a_0-a_{22}}$	a_{11}	a_{12}	$\frac{a_{22}}{a_0-a_{11}}$	$\frac{a_{12}}{a_0-a_{11}}$
$\frac{a_{21}}{a_0-a_{22}}$	$\frac{a_{11}}{a_0-a_{22}}$	a_{21}	a_{22}	$\frac{a_{21}}{a_0-a_{11}}$	$\frac{a_0-1}{a_0-a_{11}}$
$\frac{a_{11}}{a_{11}-1}$	$\frac{a_{12}}{a_{11}-1}$	$\frac{a_{22}}{a}$	$\frac{a_{12}}{a}$	$\frac{a_0-1}{a_{22}-1}$	$\frac{a_{12}}{a_{22}-1}$
$\frac{a_{21}}{a_{11}-1}$	$\frac{a_0-1}{a_{11}-1}$	$\frac{a_{21}}{a}$	$\frac{a_{11}}{a}$	$\frac{a_{21}}{a_{22}-1}$	$\frac{a_{22}}{a_{22}-1}$

$a_0 = a_{22} + a_{11} - a$

y_{22}	$-y_{21}-y_{22}$	y_{11}	y_{12}	y_0	$-y_{11}-y_{21}$
$-y_{12}-y_{22}$	y_0	y_{21}	y_{22}	$-y_{11}-y_{12}$	y_{11}
y_0	$-y_{12}-y_{22}$	y_{22}	y_{21}	y_{11}	$-y_{11}-y_{12}$
$-y_{21}-y_{22}$	y_{22}	y_{12}	y_{11}	$-y_{11}-y_{21}$	y_0

$y_0 = y_{11} + y_{22} + y_{21} + y_{12}$

$\frac{b_{22}}{b_0-b_{11}}$	$\frac{b_{12}}{b_0-b_{11}}$	b_{11}	b_{12}	$\frac{b_0-1}{b_0-b_{22}}$	$\frac{b_{12}}{b_0-b_{22}}$
$\frac{b_{21}}{b_0-b_{11}}$	$\frac{b_0-1}{b_0-b_{11}}$	b_{21}	b_{22}	$\frac{b_{21}}{b_0-b_{22}}$	$\frac{b_{11}}{b_0-b_{22}}$
$\frac{b_0-1}{b_{22}-1}$	$\frac{b_{12}}{b_{22}-1}$	$\frac{b_{22}}{b}$	$\frac{b_{12}}{b}$	$\frac{b_{11}}{b_{11}-1}$	$\frac{b_{12}}{b_{11}-1}$
$\frac{b_{21}}{b_{22}-1}$	$\frac{b_{22}}{b_{22}-1}$	$\frac{b_{21}}{b}$	$\frac{b_{11}}{b}$	$\frac{b_{21}}{b_{11}-1}$	$\frac{b_0-1}{b_{11}-1}$

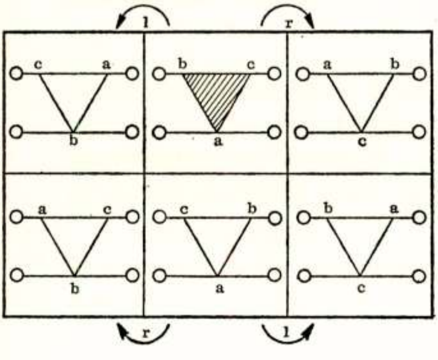
$b_0 = b_{22} + b_{11} - b$

$\frac{h_{11}}{h}$	$\frac{h_{21}+h}{h}$	h_{11}	h_{12}	$\frac{h_{11}}{h_0}$	$\frac{h_{21}+1}{h_0}$
$\frac{h_{12}-h}{h}$	$\frac{h_{22}}{h}$	h_{21}	h_{22}	$\frac{h_{12}-1}{h_0}$	$\frac{h_{22}}{h_0}$
$\frac{h_{11}}{h_0}$	$\frac{-h_{12}+h}{h_0}$	$\frac{h_{11}}{h}$	$\frac{-h_{21}}{h}$	h_{11}	$1-h_{12}$
$\frac{-h_{21}-h}{h_0}$	$\frac{h_{22}}{h_0}$	$\frac{-h_{12}}{h}$	$\frac{h_{22}}{h}$	$-1-h_{21}$	h_{22}

$h_0 = 1 + h + h_{21} - h_{12}$

$\frac{c_{22}-1}{c_0}$	$\frac{c_{12}}{c_0}$	c_{11}	c_{12}	$\frac{-c-c_{22}}{c}$	$\frac{-c_{12}}{c}$
$\frac{c_{21}}{c_0}$	$\frac{c_{11}+1}{c_0}$	c_{21}	c_{22}	$\frac{-c_{21}}{c}$	$\frac{c-c_{11}}{c}$
$-c_{11}-1$	c_{12}	$\frac{c_{22}}{c}$	$\frac{-c_{12}}{c}$	$\frac{c-c_{11}}{c_0}$	$\frac{c_{12}}{c_0}$
c_{21}	$-c_{22}+1$	$\frac{-c_{21}}{c}$	$\frac{c_{11}}{c}$	$\frac{c_{21}}{c_0}$	$\frac{-c-c_{22}}{c_0}$

$c_0 = 1 + c_{11} - c_{22} - c$



$z = z_{11}z_{22} - z_{12}z_{21}$ (voor de andere letters overeenkomstig)

gegeven formules van groot praktisch nut, ondanks de boven beschreven beperkingen.

Tabel 4

Van een vierpool met doorgaande aardleiding zijn alle spanningsverschillen tussen de klemmen bekend. In tabel 4 is links onder een zestal vierpolen met doorgaande aardleiding getekend. De met elkaar verbonden klemmen zijn steeds onderaan gekozen. De vierpool midden boven kan naar rechts of naar links gekanteld worden. Dan ontstaan de vierpolen zoals in de vakken rechts en links van deze vierpool zijn aangegeven. Elk der zo ontstane vierpolen kan gespiegeld worden om een verticale as. De vierpolen welke door spiegeling worden verkregen, zijn onder deze drie geplaatst. Waneeer de vierpoolcoëfficiënten van de vierpool midden boven bekend zijn, kan men de andere vierpoolcoëfficiënten berekenen. Voor elk der zes vierpolen zijn alle matrices bepaald, uitgedrukt in de matrixcoëfficiënten van de vierpool midden boven. De uitkomsten van deze berekening zijn in tabel 4 overzichtelijk genoteerd.

Tabel 5

Wanneer de uitgangsklemmen van een vierpool worden aangesloten op een impedantie z_a, zal tussen de vier grootheden u_1, u_2, i_1 en i_2 een derde betrekking $u_2 = - i_2 z_a$ ontstaan.

Er zijn dan drie vergelijkingen met vier onbekenden. Oplossen der onbekenden is dan dus nog niet mogelijk.

De verhoudingen tussen de vier grootheden liggen echter wel vast. Er zijn uit vier grootheden van twaalftal verhoudingen aan te geven. Deze verhoudingen zijn twee aan twee reciprook. Men kan daarom volstaan met het berekenen van zes stuks. Eén van deze zes stuks is de verhouding $\frac{u_2}{i_2} = - z_a$ en deze behoeft dus niet te worden bepaald.

In tabel 5 zijn de overige vijf genoteerd, uitgedrukt in de coëfficiënten van elk der zes matrixgrootheden.

Wanneer de ingangsklemmen op een impedantie z_e worden aangesloten, ontstaan eveneens vijf van deze verhoudingen. Ook deze zijn in tabel 5 vermeld.

Tabel 5

$z = \| z \| = z_{11} z_{22} - z_{12} \cdot z_{21}$ (voor de andere letters overeenkomstig)

	z	y	h	a	b	c	
$\frac{u_2}{u_1}$	$\frac{z_{21} z_a}{z + z_{11} z_a}$	$\frac{-y_{21} z_a}{1 + y_{22} z_a}$	$\frac{-h_{21} z_a}{h_{11} + h z_a}$	$\frac{z_a}{a_{12} + a_{11} z_a}$	$\frac{b z_a}{b_{12} + b_{22} z_a}$	$\frac{c_{22} z_a}{c_{21} + z_a}$	z_a in de uitgang
$\frac{u_1}{i_1}$	$\frac{z + z_{11} z_a}{z_{22} + z_a}$	$\frac{y_{22} z_a + 1}{y z_a + y_{11}}$	$\frac{h_{11} + h z_a}{1 + h_{22} z_a}$	$\frac{a_{12} + a_{11} z_a}{a_{22} + a_{21} z_a}$	$\frac{b_{12} + b_{22} z_a}{b_{11} + b_{21} z_a}$	$\frac{c_{21} + z_a}{c_{12} z_a - c}$	
$\frac{i_2}{u_1}$	$\frac{- z_{21}}{z + z_{11} z_a}$	$\frac{y_{21}}{1 + y_{22} z_a}$	$\frac{h_{21}}{h_{11} + h z_a}$	$\frac{- 1}{a_{12} + a_{11} z_a}$	$\frac{- b}{b_{12} + b_{22} z_a}$	$\frac{- c_{22}}{c_{21} + z_a}$	$u_2 = - z_a i_2$
$\frac{u_2}{i_1}$	$\frac{z_{21} z_a}{z_{22} + z_a}$	$\frac{- y_{21} z_a}{y_{11} + y z_a}$	$\frac{- h_{21} z_a}{1 + h_{22} z_a}$	$\frac{z_a}{a_{22} + a_{21} z_a}$	$\frac{b z_a}{b_{11} + b_{21} z_a}$	$\frac{c_{22} z_a}{c_{12} z_a - c}$	
$\frac{i_2}{i_1}$	$\frac{- z_{21}}{z_{22} + z_a}$	$\frac{y_{21}}{y_{11} + y z_a}$	$\frac{h_{21}}{1 + h_{22} z_a}$	$\frac{- 1}{a_{22} + a_{21} z_a}$	$\frac{- b}{b_{11} + b_{21} z_a}$	$\frac{c_{22}}{c - c_{12} z_a}$	
$\frac{u_2}{u_1}$	$\frac{z + z_{22} z_e}{z_{12} z_e}$	$\frac{1 + y_{11} z_e}{- y_{12} z_e}$	$\frac{h_{11} + z_e}{h_{12} z_e}$	$\frac{a_{12} + a_{22} z_e}{a z_e}$	$\frac{b_{12} + b_{11} z_e}{z_e}$	$\frac{c_{21} - c z_e}{- c_{11} z_e}$	z_e in de ingang
$\frac{u_2}{i_2}$	$\frac{z + z_{22} z_e}{z_{11} + z_e}$	$\frac{1 + y_{11} z_e}{y_{22} + y z_e}$	$\frac{h_{11} + z_e}{h + h_{22} z_e}$	$\frac{a_{12} + a_{22} z_e}{a_{11} + a_{21} z_e}$	$\frac{b_{12} + b_{11} z_e}{b_{22} + b_{21} z_e}$	$\frac{c_{21} - c z_e}{c_{12} z_e + 1}$	
$\frac{i_2}{u_1}$	$\frac{z_{11} + z_e}{z_{12} z_e}$	$\frac{y_{22} + y z_e}{- y_{12} z_e}$	$\frac{h_{22} z_e + h}{h_{12} z_e}$	$\frac{a_{11} + a_{21} z_e}{a z_e}$	$\frac{b_{22} + b_{21} z_e}{z_e}$	$\frac{1 + c_{12} z_e}{- c_{11} z_e}$	$u_1 = - z_e i_1$
$\frac{u_2}{i_1}$	$\frac{z + z_{22} z_e}{- z_{12}}$	$\frac{1 + y_{11} z_e}{y_{12}}$	$\frac{h_{11} + z_e}{- h_{12}}$	$\frac{a_{12} + a_{22} z_e}{- a}$	$- b_{12} - b_{11} z_e$	$\frac{c_{21} - c z_e}{c_{11}}$	
$\frac{i_2}{i_1}$	$\frac{z_{11} + z_e}{- z_{12}}$	$\frac{y_{22} + y z_e}{y_{12}}$	$\frac{h_{22} z_e + h}{- h_{12}}$	$\frac{a_{11} + a_{21} z_e}{- a}$	$- b_{22} - b_{21} z_e$	$\frac{1 + c_{12} z_e}{c_{11}}$	

Tabel 6

In tabel 6 is voor een aantal matrix-coëfficiënten, in de tekeningetjes aangegeven hoe deze gemeten en berekend kunnen worden; dit volgt direct uit de definitie-formules van tabel 1.

3. Toepassingen

Ter illustratie zullen enkele elektronische schakelingen met behulp van vierpooltheorie worden berekend. Als eerste voorbeeld: de berekening van het millereffect.

We beschouwen daartoe eerst de triode als vierpool met doorlopende aardleiding.

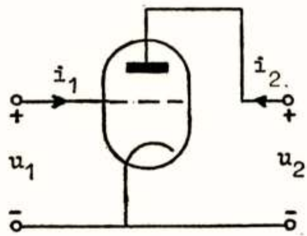


Fig. 1
Vierpool (y')

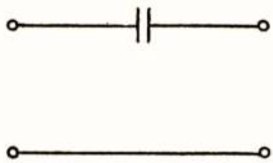


Fig. 2
Vierpool (y'')

Voor de triode geldt $i_a = S\,u_g + \frac{1}{R_i}\,u_a$ (1)

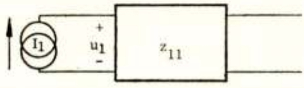
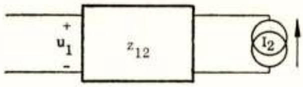
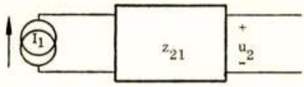
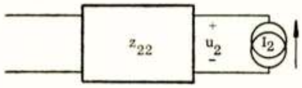
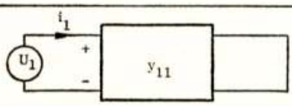
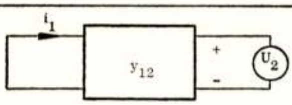
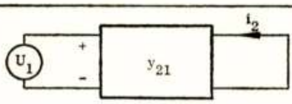
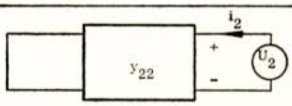
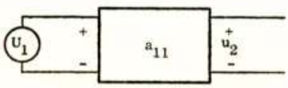
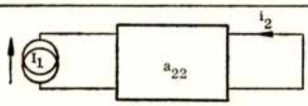
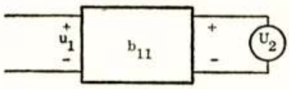
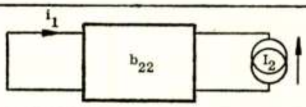
$$i_g = 0\,.\,u_g + 0\,.\,u_a \qquad (2)$$

Uit tabel 1 zien we dat blijkbaar de (y') voor de triode (fig. 1) gelijk is aan:

$$(y') = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ S & \frac{1}{R_i} \end{pmatrix} \qquad (3)$$

Voor een vierpool met doorlopende aardleiding welke een enkele condensator bevat, zoals figuur 2 aangeeft kan de (y'') berekend worden door toepassing van de definitie formules uit tabel 1.

Tabel 6

	$(\frac{u_1}{i_1})_{i_2} = 0$
	$(\frac{u_1}{i_2})_{i_1} = 0$
	$(\frac{u_2}{i_1})_{i_2} = 0$
	$(\frac{u_2}{i_2})_{i_1} = 0$
	$(\frac{i_1}{u_1})_{u_2} = 0$
	$(\frac{i_1}{u_2})_{u_1} = 0$
	$(\frac{i_2}{u_1})_{u_2} = 0$
	$(\frac{i_2}{u_2})_{u_1} = 0$
	$(\frac{u_1}{u_2})_{i_2} = 0$
	$-(\frac{i_1}{i_2})_{u_2} = 0$
	$(\frac{u_2}{u_1})_{i_1} = 0$
	$-(\frac{i_2}{i_1})_{u_1} = 0$

$$(y'') = \begin{pmatrix} j\omega C & -j\omega C \\ -j\omega C & j\omega C \end{pmatrix} \tag{4}$$

Wanneer in- en uitgang parallel geschakeld worden, kan de (y) gevonden worden door (y') en (y'') op te tellen, zoals dit blijkt uit tabel 3.

$$(y) = (y') + (y'') = \begin{pmatrix} j\omega C & -j\omega C \\ S - j\omega C & \frac{1}{R_i} + j\omega C \end{pmatrix} \tag{5}$$

De determinant $\|y\|$ is:

$$\|y\| = j\omega C\left(j\omega C + \frac{1}{R_i}\right) - (-j\omega C)(S - j\omega C) = j\omega C . S . \left(1 + \frac{1}{\mu}\right) \tag{6}$$

We kunnen nu (z) berekenen door toepassing van tabel 2.

$$z_{11} = \frac{j\omega C + \frac{1}{R_i}}{j\omega C S\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\mu}}\left[\frac{1}{S} + \frac{1}{j\omega C . \mu}\right]$$

$$z_{12} = \frac{j\omega C}{j\omega C S\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)} = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)} \cdot \frac{1}{S}$$

$$z_{21} = \frac{-S + j\omega C}{j\omega C S\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\mu}}\left(\frac{1}{S} + \frac{-1}{j\omega C}\right)$$

$$z_{22} = \frac{j\omega C}{j\omega C S\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\mu}} \cdot \frac{1}{S}$$

$$(z) = \frac{1}{1 + \frac{1}{\mu}} \begin{pmatrix} \frac{1}{S} + \frac{1}{j\omega C\mu} & \frac{1}{S} \\ \frac{1}{S} - \frac{1}{j\omega C} & \frac{1}{S} \end{pmatrix} \tag{7}$$

Welke der grootheden van belang is, en welke matrix men wil berekenen, hangt geheel van de toepassing af. We zullen de term $\frac{1}{\mu}$ welke $\ll 1$ is, verwaarlozen.

Uit (z) zien we dat de ingangsimpedantie bij open uitgang $z_{11} = \frac{1}{S} + \frac{1}{j\omega C\mu}$, bestaat uit de serieschakeling van een weerstand $\frac{1}{S}$ en een condensator μC. Deze laatste term staat bekend onder de naam van het „Miller" effect. De eerste term is klein en wordt meestal verwaarloosd. Ook zien we, dat de uitgangs-impedantie bij open ingang gelijk is aan $z_{22} = \frac{1}{S}$. De uitgang is dus laagohmig, als de ingang hoogohmig gevoed wordt.

Het tweede voorbeeld is de doorrekening van een cascode schakeling. De (y') voor een triode met geaarde kathode is reeds bekend.

Voor een triode schakeling met geaard rooster kunnen we

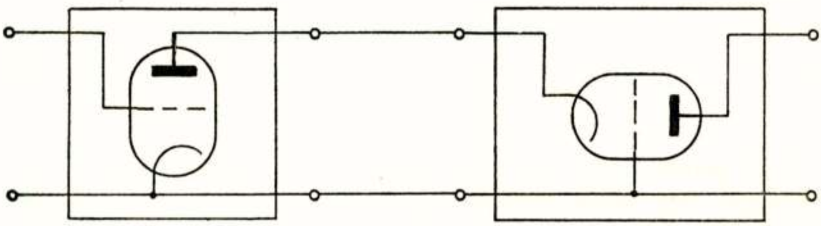


Fig. 3
Cascode-schakeling

de (y'') matrix vinden door toepassing van tabel 4. Van het zestal (y) matrices moeten we de matrix in het linker ondervak hebben. Immers de schakeling met geaarde kathode wordt midden boven gedacht. Om hieruit de schakeling met geaard rooster te krijgen moet deze linksom gekanteld worden, en daarna gespiegeld.

Gevonden wordt:

$$(y'') = \begin{pmatrix} S\left(1 + \frac{1}{\mu}\right) & -\frac{1}{R_i} \\ -S\left(1 + \frac{1}{\mu}\right) & \frac{1}{R_i} \end{pmatrix} \qquad (8)$$

Om van de cascode schakeling de (y) te kunnen berekenen moet eerst (a') en (a'') bepaald worden. Het product van deze twee levert (a). Uit deze (a) kan door het nogmaals toepassen van tabel 2 (y) gevonden worden.

$$(a') = \begin{pmatrix} -\frac{1}{\mu} & -\frac{1}{S} \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \tag{9}$$

$$(a'') = \begin{pmatrix} \frac{1}{\mu + 1} & \frac{1}{S\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{10}$$

$$(a) = (a') \cdot (a'') = \begin{pmatrix} -\frac{1}{\mu(\mu + 1)} & -\frac{1}{S} \cdot \frac{\mu + 2}{\mu + 1} \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \tag{11}$$

$$(y) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ S \cdot \frac{\mu + 1}{\mu + 2} & \frac{1}{R_i(\mu + 2)} \end{pmatrix} \tag{12}$$

Uit matrix (12) zien we, door deze met matrix (3) te vergelijken, dat deze cascode schakeling, veel op een triodeschakeling met geaarde kathode lijkt, waarbij de steilheid is $S \cdot \frac{\mu + 1}{\mu + 2} \cong S$ is, en de inwendige weerstand $R_i \cdot (\mu + 2)$. De eigenschappen van deze schakeling lijken dus op de eigenschappen van een penthode. Ook wanneer men de capacitieve terugwerking in de berekening opneemt, blijkt de schakeling penthode eigenschappen te bezitten.

Wanneer echter de ruis van deze schakeling berekend wordt blijkt deze veel geringer dan voor de overeenkomstige penthode, doordat de verdelingsruis ontbreekt.

Samenvattend: de schakeling heeft een penthode-versterking en-terugwerking en een triode-ruis. Deze eigenschappen maken de schakeling zeer geschikt als ruisarme ingangsversterker.

Tenslotte een voorbeeld waarbij tabel 5 van pas komt.

Gevraagd $\frac{u_1}{i_1}$ van de schakeling welke in figuur 4 is gegeven.

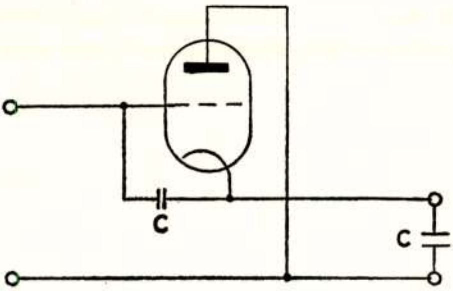


Fig 4
Capacitief-belaste anode
basis-schakeling

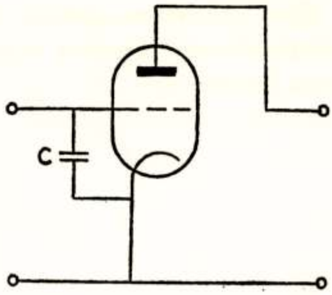
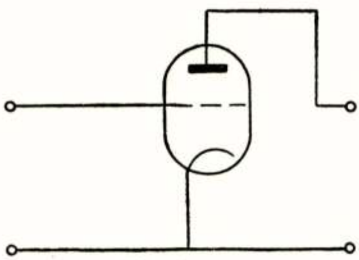


Fig 5
Kathode basis-schakeling
met ingangs-capaciteit

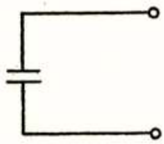
Dit is een triode in anode-basis schakeling welke door een capaciteit C is belast. Ook de roosterkathode capaciteit wordt in de berekening opgenomen en deze is eveneens C gesteld.

Van figuur 5 kan de y matrix bepaald worden door sommatie der y matrices van figuur 6 en figuur 7.



$$(y') = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ S & \frac{1}{R_i} \end{pmatrix} \tag{13}$$

Fig. 6
Kathode basis-schakeling



$$(y'') = \begin{pmatrix} j\omega C & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \tag{14}$$

Fig. 7
Ingangs-capaciteit

$$\text{Voor figuur 5 } (y) = (y') + (y'') = \begin{pmatrix} j\omega C & 0 \\ S & \frac{1}{R_i} \end{pmatrix} \tag{15}$$

Door rechtsom kantelen en spiegelen wordt figuur 5 getransformeerd naar figuur 4. Uit tabel 4 blijkt dat voor figuur 4 de y matrix wordt:

$$(y) = \begin{pmatrix} j\omega C & -j\omega C \\ -j\omega C - S & S + \frac{1}{R_i} + j\omega C \end{pmatrix} \tag{16}$$

Hieruit vinden we $\|y\| = \dfrac{j\omega C}{R_i}$ (17)

Uit tabel 5 zien we, dat

$$\frac{u_1}{i_1} = \frac{y_{22} z_a + 1}{\|y\| z_a + y_{11}} \tag{18}$$

zodat we vinden, als $z_a = \dfrac{1}{j\omega C}$:

$$\frac{u_1}{i_1} = \frac{1}{j\omega C} \cdot \frac{1 + \mu + 2 j\omega CR_i}{1 + j\omega CR_i} \tag{19}$$

Voor $\omega C R_i \ll 1$ is dit ongeveer

$$\frac{u_1}{i_1} = \frac{1}{j\omega C} \cdot (\mu + 1) = \frac{1}{j\omega \dfrac{C}{\mu + 1}} \tag{20}$$

dus blijkbaar een capacitieve ingang met $C_i = \dfrac{C}{\mu + 1}$.

Voor zeer hoge frequenties geldt echter een andere benadering:

$$\omega C R_i \gg \mu \text{ of } \omega C \gg S$$

$$\frac{u_1}{i_1} = \frac{1}{j\omega \dfrac{C}{2}} \tag{21}$$

We krijgen dan een capacitieve ingang met capaciteit $\dfrac{C}{2}$.

Om de schakeling een geringe ingangscapaciteit te geven bij een hoge frequentie, moet blijkbaar ook een geringe capacitieve belasting zoveel mogelijk vermeden worden.

Literatuur

1) R. Feldtkeller, Einführung in die Vierpoltheorie. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1962.
2) E. A. Guillemin, Communication networks, vol II Hfdst. 4. John Wiley and Sons, Inc. N.Y.
3) W. Busscher, Transfer Properties of a network consisting of two resonant circuits coupled by a fourpole. Electronic applications. Vol. 16, no. 3, pag. 81.
4) H. M. Schlicke, Essentials of diëlectromagnetic engineering. John Wiley & Sons. inc., pag. 133 N.Y. London.
5) Gordon Newstead, General circuit theory. Methuen & Co Ltd. London.
6) B. D. H. Tellegen, Theorie der electrische netwerken. Noordhoff n.v. 1952, Groningen.

Manuscript ontvangen 15 januari 1964.

Single side band - FM stereo

by J. J. Geluk and H. J. v. d. Heide *)

Voordracht gehouden voor het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap op 23 september 1964 in Hilversum.

Summary

The system commonly used in stereophonic FM broadcasting is the so-called pilot-tone system. As is well-known the same stereo information could also be transmitted in just one side-band. First the circuit of a multiplexer-encoder for a single side-band FM stereo signal will be described. Then the „standard" pilot-tone system and the SSB-variant will be compared.

1. Introduction

Some years ago stereophonic broadcasting has been introduced in the U.S.A., Canada and Japan and, recently in Europe this type of braodcasts has started in an experimental way. The system commonly used, is the so-called pilot-tone system, a system suitable only for *FM* transmitters.

A pilot-tone of 19 *kc/s* is added to the compatible (M) audio-frequency part of the *FM* deviation, giving a guidance for the detection of the additional stereo (S) information.

The stereo-information is *AM* modulated on a sub-carrier whose frequency is exactly twice that of the pilot-tone; the modulation is achieved in a ring-modulator circuit and hence the sub-carrier is suppressed to a high degree. The two remaining side-bands of the modulated S signal extend from $38 - 15 = 23$ *kc/s* to $38 + 15 = 53$ *kc/s*

It is well-known that the same stereo information could also be transmitted in just one side-band, thus restricting the total bandwidth of the deviating composite-signal from 30 *c/s* to 38 *kc/s*. Whether or not this would be of an overall advantage remains to be seen, but it is obvious that the signal to noise ratio could be improved.

---

*) Laboratory of Dutch Broadcasting Union.

On the one hand the pilot-tone system lends itself to this technique because of the already available regeneration of the sub-carrier in any receiver; on the other hand one should bear in mind that at the receiver the signals M and S have to be added and subtracted in some way, putting stringent requirements to the phase-characteristics of the composite signal and the phase stability of the regenerated sub-carrier.

We will first describe the circuit of a multiplexer-encoder for a single side-band FM stereo signal, which leads almost naturally to a very sharp phase-adjustment criterium before- or during actual stereo transmission.

In a subsequent chapter a comparison is given between the „standard" pilot-tone system and this single side-band variant.

2. Single side-band generation and phase adjustment signal

Due to the stringent phase-tolerances of stereo signals only one method can be taken into consideration: the so-called phase-method[1]). In this method two ring-modulators are driven by the same sub-carrier, but with 90° relative phase-shift. The modulating signals are also „equal" except a fixed 90° phase-shift independent of the modulating frequency. This condition can only be met by precious filters and these will be described later on.

Adding the two outputs of the ring-modulators a single side-band signal results, as is visualized by the following geometrical expressions.

Let $S_1 \cos \omega_c t$ be the output of the first modulator and $S_2 \sin \omega_c t$ the output of the second one. Then the addition of both gives:

$$S_{ssb} = S_1 \cos \omega_c t + S_2 \sin \omega_c t \tag{1}$$

This indeed is a single side-band signal presuming that any component $\hat{S}_n \cos \omega_n t$ in Signal S_1 is found as $\hat{S}_n \sin \omega_n t$ in Signal S_2.

$$\text{Then } S_{ssb} = \sum_1^\infty {}_n \ \hat{S}_n \cos (\omega_c - \omega_n) t \tag{2}$$

From (1) it is obvious that the (extreme) values of $S_1 \cos \omega_c t$ are not increased by the addition of the extra signal; for stereo signals with negligible S information the total signal remains small. Also in intermediate cases the maximum deviation of the

transmitter will in practice not be overloaded. Moreover this would not cause any harm if the detector in the receiver could only be insensitive for the second term in eq. (1).

Synchronous detection with a sub-carrier signal $\cos \omega_c t$ indeed, only detects signal S_1 and it is insensitive to signal S_2. Even if signal S_2 has no correlation with the primary signal S_1, this effect holds, but of course no side-band cancellation takes place. (In this case S_2 will be written as S^*).

If *e.g.* a tone of 1000 *c/s* is modulated by the second modulator, an *ideal means* is given for *phase adjustment* of stereo receivers with a sharp minimum for the 1000 *c/s* tone. Moreover the signal S_2 may contain the quadrature phase components of signal S_1 giving a single side-band for the wanted output.

One could also think of modulating te second ringmodulator with a *d.c.* voltage, what would mean that a spurious sub-carrier is added, but in phase-quadrature. In that case the synchronous detector should not give rise to any *d.c.* voltage at its output. This adjustment signal could then be given continuously during transmission whereas the audible check-tone might be harmful for „mistuned" receivers.

It goes without saying that envelope detectors do not permit these alternatives of the pilot-tone stereo system.

Fig. 1a b, illustrates the waveform for an equal sinusoidal voltage in both M and S channels for double- and single side-band stereo modulation; besides the absence of zero crossings, it is noted that the pilot tone indicates phase-variations in the single side-band signal.

Figs. 1c, d show the remarkable phase relations when modulating the sub-cassier either normal or in quadrature with the pilot tone.

3. Additional implications

Although receivers with synchronous detection do not require any alteration or readjustment, receiving either the normal- or the single side-band stereo signal, the multiplexer needs additional circuitry.

In order to form two signals S_1 and S_2 with a fixed phase difference of 90° it is necessary to delay both signals in respect to the initial stereo-difference signal S. The phase-characteristics of both delay-filters are given a form $\varphi_{1,2}(f) = C \log a_{1,2} f$ in such a way that $\varphi_1 - \varphi_2 = C \log \frac{a_1}{a_2} = \frac{\pi}{2}$. (see fig. 2).

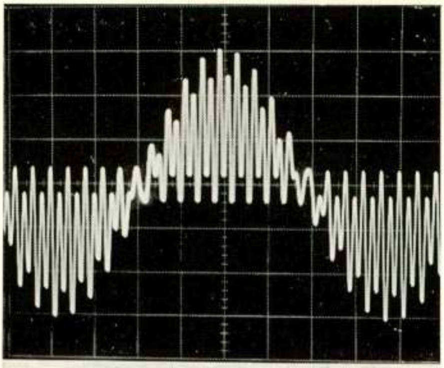


Fig. 1a

DSB-coded stereosignal

The double side-band component shows no phase variation in respect to the pilot tone; envelopes represent the signal A (1 kc/s) and signal $B (= 0)$

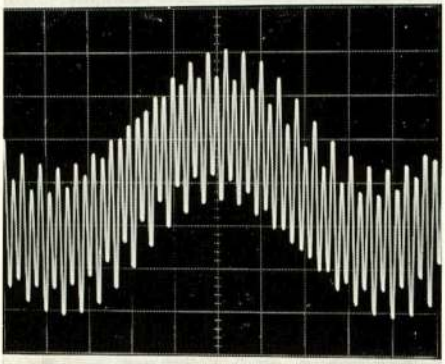


Fig. 1b

SSB-coded stereosignal

The side-band signal shows phase variation in respect to the pilot tone; envelopes no longer have a definite meaning for the signals A and B

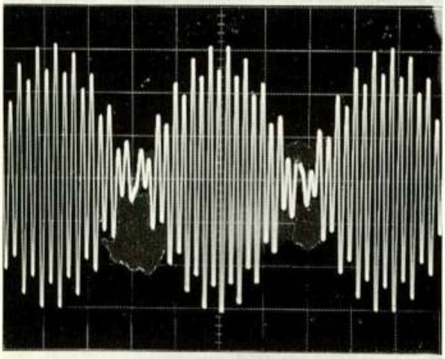


Fig. 1c

1 *kc/s - Stereosignal S*,

modulated on a sub-carrier of 38 kc/s, together with a pilot tone of 19 kc/s; the time relation is given by:

$$S \cos \omega t + P \sin \left(\frac{\omega}{2} t + \frac{1}{4} \pi\right).$$

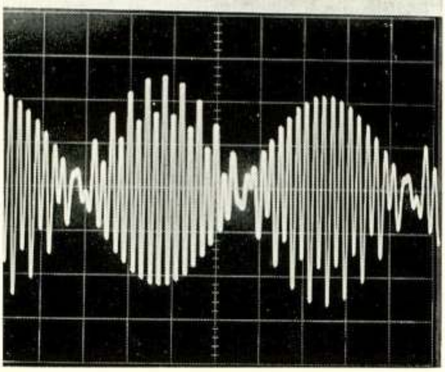


Fig. 1d

1 *kc/s-stereosignal S**,

modulated on a sub-carrier of 38 kc/s, together with a pilot tone of 19 kc/s; the time relation is given by:

$$S^{*} \sin \omega t + F \sin \left(\frac{\omega}{2} t + \frac{1}{4} \pi\right).$$

Note the sharp criterium of coincidence of zero points of the pilot tone and the sub-carrier extremes!

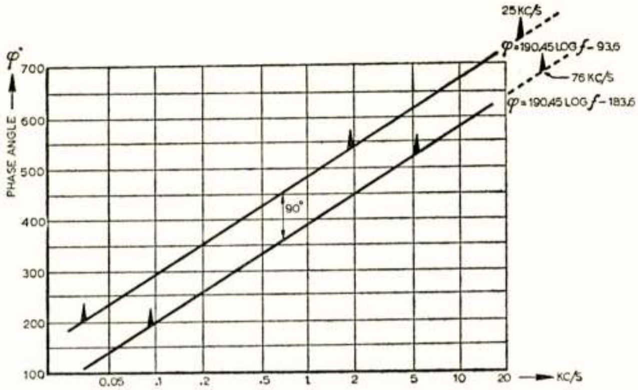


Fig. 2
Phase angle of single sideband filters

To keep the compatible M signal „in line" with the stereo information, it is obligatory to delay the signal M in the same way as signal S_1.

The phase-difference between the M-delay and S_1-delay should be kept within narrow limits ($\pm$ 4°) in order to maintain a good separation between the left- and right handsignals A ($A = M + S$) and B ($B = M - S$).

The tolerances between the filters for S_2 and S_1 are only stringent if a high upper side-band suppression is wanted. With the 4° tolerance a 30 dB reduction is obtained (fig. 3). One could suspect the delay-lines of causing audible transient effects.

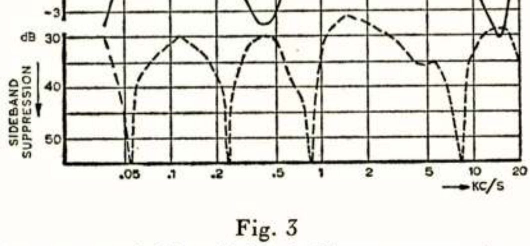


Fig. 3
Phase-error of 90° sideband filters; suppression of sideband rel. wanted sideband

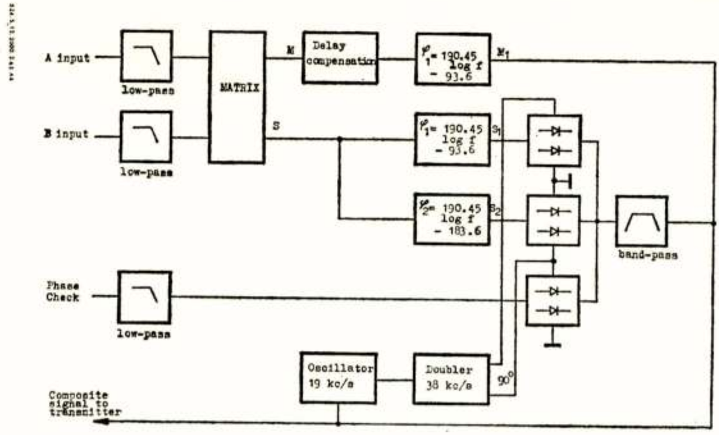


Fig. 4

The equivalent time-delay $\frac{\partial \varphi}{\partial \omega}$ rises inverse-proportionally with frequency and amounts to 7.5 msec. at 30 *c/s*. This value is too low to distinguish the signal from the original and hence is fully acceptable for stereocoders [2]).

The complete circuit contains all the other necessary filters already applied in present day stereo-encoders like: audio-frequency limiting input filters, *M*-delay filter compensating for the band-pass filter of the modulated *S* signal(s) at the output(s) of the ring-modulators. In fig. 4 the block-diagram speaks for itself and needs no further clarification.

The filters for the logarithmic phase-shift are completely of passive character. They consist of conventional *L-C* parallel-filters in straight-through lines and *L-C* seriefilters as cross-connections. All components had to be adjusted to 1°/₀₀, being not an easy task.

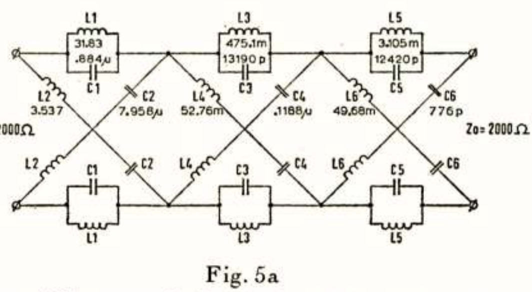


Fig. 5a

Phase-shift network for single sideband formation from 30 *c/s* to 15 *kc/s*: $\varphi = 190.45 \log f - 93.6$

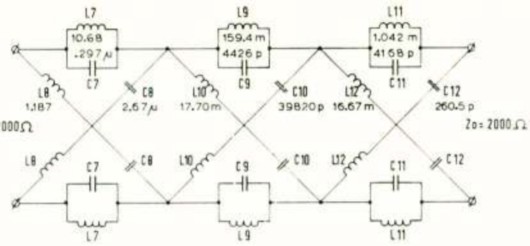


Fig. 5b
Phase shift network for single sideband formation from $30\ c/s$ to $15\ kc/s$: $\varphi = 190.45\ \log f - 183.6$

In fig. 5a and 5b the values of the filter-components are given while fig. 6a pictures the combined filterbox ($30 \times 25 \times 30$ cm). The complete multiplexer has been built with only semi-conductor circuits and is put into service with a 50 *kW FM* station. Alternatively single- and double side-band transmissions can be given while on special moments the phase-adjustment signal is radiated for the convenience of the industry and amateurs.

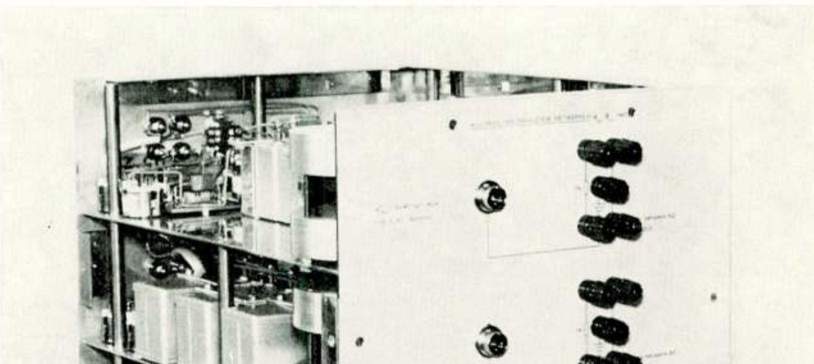


Fig. 6a
The three phase-shift all-pass networks

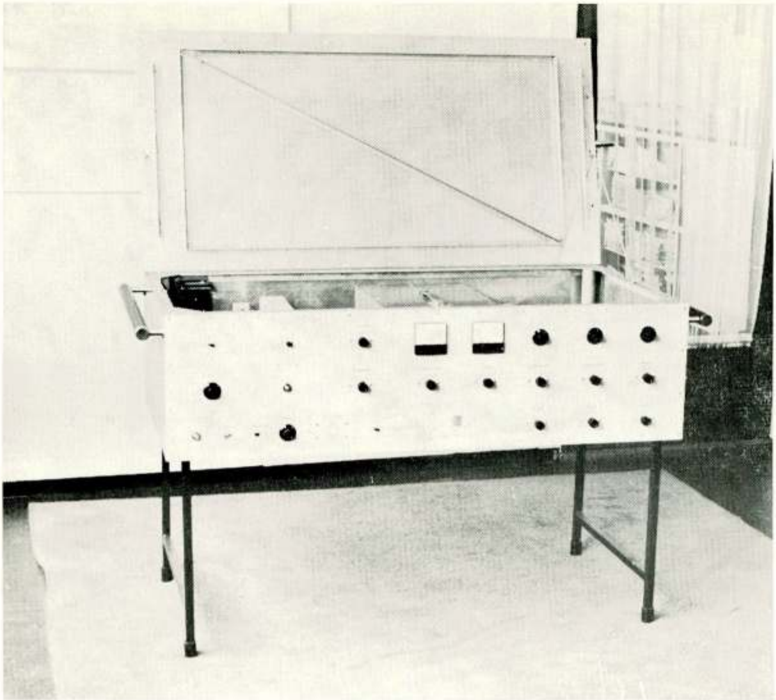


Fig. 6b
The complete encoder for stereo signals enabling both *SSB* and *DSB* operation

4. Comparison between the two variants

Because the single side-band variant of the pilot-tone system is only suggested as a possible solution of problems in existing *FM* networks when introducing stereo-broadcasts, the stereo-receivers should be capable to receive both types of coded signals. In fact this only holds for synchronous detector decoders, because envelope detection leads to distortion when receiving the single side-band version. If however sufficient sub-carrier is added before rectification, the distortion might be quite small.

The phase-stability of the local oscillator should be higher for single side-band because in that case the amplitude of the *S* signal is not so much influenced by misadjustment, but the phase-error appears in the detected stereo signal. It can be shown that for a given separation between the channels *A* and *B* the permissible phase-errors between both cases are related as:

$$\varphi_{ssb} \approx \tfrac{1}{2}\,\varphi_{dsb}^{2} \qquad (\varphi \text{ in radians})$$

For separations of resp. 20, 30 and 40 *dB* this correlates with the following phase-errors:

20 *dB*	11°	35°
30 *dB*	4°	22°
40 *dB*	1°	11°
	single side-band	double side-band
separation	phase-error	

With the adjustment signal, described earlier, a phase adjustment within a few degrees is certainly obtainable; in practice therefore with single side-band signals a separation of 20 *dB* is always feasible.

Not only phase-errors of the regenerated sub-carrier are responsable for a diminution of the separation; intermediate filters in the receiver may reduce the separation in much the same way. This is more probable for *FM* systems with smaller nominal deviation[8]) having narrower *I.F.* filters. It is likely that the separation will be influenced mostly near the cut-off frequency, and hence the higher frequency part of the stereo information for double side-band modulation. For single side-band this band-limiting effect only affects the low-frequency components, for which the separation is a less stringent requirement.

In practice most receivers show a frequency-characteristic that falls off gradually from 20 *kc/s* to 60 *kc/s*, reaching some 6 *dB* attenuation. This makes phase errors less predominant but reduces the amplitude of the *S* information. Compensation can easily be given by additional amplification of the *S* channel or attenuation of the *M*-channel; in both cases there is of course a loss in signal/noise ratio of the *A* and *B* signals. Due to the small slope of the receiver frequency-characteristic this compensation turns out to be effective for a large band of *S* information. If one adjusts the receiver for double side-band operation at maximum separation, single side-band will generally be worse in cross-talk between the *A* and *B* signals and vice versa. Table I and II give actual measurements for these two

cases measured with two types of commercial stereo receivers. The frequency response of these receivers showed a decrease from 0,8 *dB* at 23 *kc/s* to − 4,8 *dB* at 53 *kc/s* being − 2,5 *dB* at the sub-carrier frequency.

Table I

Receiver compensated for double side-band

Receiver 1 Separation

	100 *c/s*	1000 *c/s*	4 *kc/s*	8 *kc/s*	10 *kc/s*
double side-band	29 *dB*	36 *dB*	34 *dB*	22 *dB*	16 *dB*
single side-band	35 „	27 „	20 „	12 „	9 „
Receiver 2					
double side-band	20 *dB*	41 *dB*	37 *dB*	32 *dB*	29 *dB*
single side-band	20 „	43 „	36 „	30 „	25 „

Table II

Receiver compensated for single side-band

Receiver 1 Seperation

	100 *c/s*	1000 *c/s*	4 *kc/s*	8 *kc/s*	10 *k/cs*
double side-band	21 *dB*	21 *dB*	17 *dB*	22 *dB*	26 *dB*
single side-band	21 „	24 „	39 „	16 „	13 „
Receiver 2					
double side-band	20 *dB*	31 *dB*	23 *dB*	21 *dB*	21 *dB*
single side-band	18 „	27 „	30 „	26 „	26 „

In an optimum design of receiver the frequency-response should however be flat over the whole range of the modulated *S* signal and then the single side-band system would give better results as for double side-band.

Table III

Professional receiver	Separation				
	100 *c/s*	1000 *c/s*	4 *kc/s*	8 *kc/s*	10 *kc/s*
double side-band	25 *dB*	30 *dB*	27 *dB*	21 *dB*	20 *dB*
single side-band	29 ,,	28 ,,	30 ,,	30 ,,	31 ,,

In practice one has also to take into account the influence of the *V.H.F.* input voltage; in most receivers the *I.F.* filter characteristic changes with input voltage due to increased damping caused by limiting. Furthermore the handtuning is not always correct; it has been found that with single side-band modulation the *ease* of *tuning* is improved while maintaining a certain separation figure.

For *FM* systems using *SCA* signals for storecasting any band-limitation of the stereo-signal is of course very welcome, because it is known that this separation is not always perfect and requires additional filters in the receivers.

In large *networks* of *FM* transmitters the *audio-connections* to the transmitter have always been a matter of great concern to broadcasters. By land-lines this not only meant a large investment but the equalization of the stereo lines should comply with high compatibility requirements. Several proposals were made to use the extra land-line for a second programme in order to promote a better efficiency.

In using either link-systems or retransmission, not only land-lines can be avoided but with adequate receivers the composite stereo signal may remodulate the next transmitter and hence also making a second encoder superfluous. In the case of single side-band stereo signals the amplitude- and phase tolerances are more easily met then with double side-band while only *one encoder* takes care for the whole network.

Moreover the pilot-tone itself may be used to switch the subsequent transmitters to the outputs of the retransmission- or linkreceivers.

These considerations do not indicate that the pilot-tone system is unsuitable for transmission of *two separate programmes*; with quadrature-modulation one has even the possibility to transmit 3 different programmes on one *FM* transmitter. If we accept

for a moment the serious drawback of such a simultaneous system, forcing all listeners, only interested in the auxiliary programmes to supply themselves with stereo-decoders, the separation between the three signals M, S and S^* should be sufficient. Measurements have shown that this is always the case between the S (or S^*) and the M signal ($> 65\ dB$); in the inverse direction an overall measurement showed the following cross-talk figures (Table IV).

Table IV
Cross-talk $M \rightarrow S$ (or S^*) (overall measurement)

Frequency	100 *c/s*	1 *kc/s*	4 *kc/s*	8 *kc/s*	10 *k/cs*	15 *kc/s*
Cross-talk (*dB*)	– 54	– 56	– 66	– 65	– 49	– 55

Between the signals S and S^* a much higher cross-talk will occur due to the overlap of both frequency-spectra. Nevertheless with careful phase-adjustment the following separation has been obtained (Table V).

Table V
Cross-talk $S \rightarrow S^*$

Frequency	100 *c/s*	1 *kc/s*	4 *kc/s*	8 *kc/s*	10 *kc/s*	15 *kc/s*
Cross-talk (dB)	– 36	– 39	– 29	– 23	– 21	– 15

Whether or not these figures can be accepted depends to a great extent on the programme-character and the relationship and correlation between the different programmes.

Finally the *protection ratio* for stereo reception is of great interest. Numerous measurements have been undertaken indicating that for monophonic reception no substantial increase in protection ratio is to be expected for double side-band systems; this holds for single side-band as well, leaving frequency planning criteria untouched.

For stereo reception considerable increase of the protection ratio is necessary, amounting to 10 *dB* resp. 20 *dB* for 50 *kc/s* and 100 *kc/s* frequency separation.

These values reduce the service area for stereo reception if a whole transmitter network is considered, planned to full den-

sity according to *CCIR* criteria. For receivers designed for double side-band reception and having a frequency response up to 53 *kc/s* no improvement is obtained in the *protection ratio* for a single side-band system; if however the frequency-response is reduced to 40 *kc/s* a substantial reduction is achieved.

Measurements have shown that in general 6 *dB* improvement is obtained for frequency-differences between 50 and 100 *kc/s* and even for smaller differences some gain in protection-ratio is found; the character of the unwanted sound with single side-band reception is of a lower pitch and hence the favourable results can be explained also for co-channel disturbances.

In fig. 7 a measurement of the protection-ratios is given for a

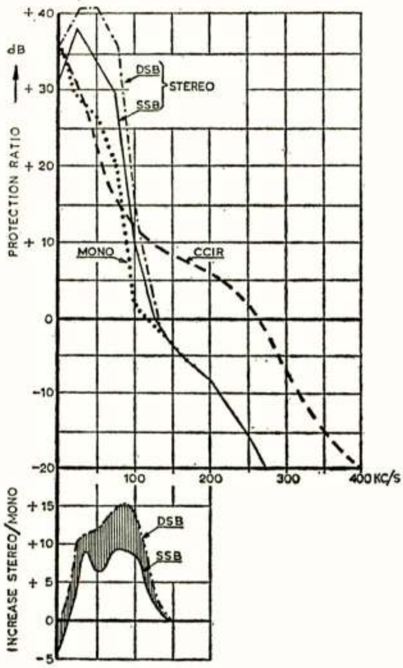


Fig. 7
Protection ratios for mono- and stereophonic reception. Single sideband improves this ratio by about 6*db* from 50-100 *kc/s* carrier-difference

commercial receiver (no. 1), showing these differences up to a frequency-separation of 150 *kc/s*, above which no improvement will be obtained; this is however not necessary because these values are well under the adopted *CCIR* protection-ratios for a monophonic service.

5. Conclusion

The single side-band variant of the pilot-tone system for stereophonic broadcasting offers several advantages, the most important one being the improvement of the protection-ratio for adjacent channel separation. Receivers having synchronous detection systems for the stereo information are in principle suitable for reception of either variant; in order to attain the most favourable protection-ratio, band limiting is necessary.

Quite apart from the variants of the pilot-tone system one can always introduce a special signal for the adjustment of the regenerated sub-carrier in the home-receivers; a check-signal can be radiated by modulating the sub-carrier with a test signal but in phase-quadrature and this signal should be made inaudible by varying the phase-control in the receiver.

Moreover single side-band will give easier possibilities for link-transmission of the composite stereo signal from one radio tower to the next one, thus avoiding not only two equalized land cables but also the rather more complicated encoders for the consecutive transmitters.

Literatuur

1) Proc. of the IRE. Dec. 1956, nr. 12.
2) Dr. T e e r, „De hoorbaarheid van fasefouten". Philips Techn. Tijdschrift, nr. 3 - 1963.
3) Recommendation 412 CCIR - Geneva 1963.

Manuscript ontvangen 24 september 1964.

TELECOMMUNICATIE-INGENIEURS CONGRESSEREN IN ONS LAND

Van 28 juni tot en met 3 juli werd in 's-Gravenhage het vierde congres gehouden van de Federatie van Ingenieurs der Telecommunicatie in de Europese Gemeenschap (FITCE). Voorzitter van de federatie is Ir. G. F. Verhage, directeur van het Telefoondistrict 's-Gravenhage.

De FITCE beoogt o.m. het bevorderen van de ontwikkeling van de wetenschap inzake telecommunicatie, alsmede het uitwisselen van ervaringen en het opwekken van nieuwe ideeën.

De federatie houdt zich met name bezig met de uitgesproken nationale problemen van de telecommunicatie in de aangesloten landen.

De 450 deelnemers werden op maandag 28 juni door de regering in de Rolzaal ontvangen, nadat de Minister van Verkeer en Waterstaat, de heer J. G. Suurhoff, tijdens een bijeenkomst in de Ridderzaal het congres officieel had geopend.

De openingszitting werd o.m. bijgewoond door de ambassadeurs van Frankrijk, Italië, België en Luxemburg, alsmede door de zaakgelastigde van de Duitse Bondsrepubliek.

De zittingen van het congres werden gehouden in „Op Gouden Wieken" te 's-Gravenhage, waarbij o.a. door vooraanstaande specialisten uit de EEG-landen een aantal voordrachten werd gehouden op het gebied van de telecommunicatie.

Voorts werden enkele excursies gemaakt, o.a. naar de Nederlandse Kabelfabrieken te Delft en Philips te Eindhoven.

---

25 JAAR PULSCODE-MODULATIE

Zoals bekend, is de pulscode-modulatie een transmissiesysteem dat uitzonderlijk ongevoelig is voor de kwaliteit van het gebruikte transmissiemedium. Het is daarom begrijpelijk dat juist de militaire autoriteiten het eerst een proefbedrijf met PCM ingericht hebben.

Een andere toepassing van PCM en wel van niet minder potentieel belang, ligt in de mogelijkheid de transmissiecapaciteit van de conventionele verbindingsmiddelen, zoals meeraderige kabels, aanzienlijk te verhogen. Dubbeladerige kabels, ontworpen voor spreekverkeer, vormen een zeer matig medium als het gaat om het overbrengen van meervoudige of breedband-signalen. Storingen door overspreken en geruis zijn moeilijk te vermijden. Dergelijke nadelen worden geëlimineerd door het gebruik van een binair signaal, waarbij slechts de aan- of afwezigheid van een puls behoeft te worden gedetecteerd waarna, zonder aantasting van de kwaliteit, weer omzetting in het geluidssignaal plaatsvindt. In de gebieden met een zeer hoge verkeersdichtheid, waar de telefoonverbindingsmiddelen aan de grens van hun capaciteit zijn, wordt veelal de introductie van PCM-apparatuur als de minst kostbare oplossing beschouwd om die capaciteit verder op te voeren.

Bij het 25-jarig bestaan van de pulscode-modulatie werd door Reeves, de uitvinder van het systeem en medewerker van Standard Telecommunication Laboratories, Harlow, Engeland, in „IEEE Spectrum" dd. 5 mei j.l., een beschouwing aan de toekomst van dit systeem gewijd.

Reeves voorziet dat in de toekomst de invloed van PCM op de verbindingsmiddelen van zodanige omvang zal worden, dat we wellicht tegen het jaar 2000 een volk van „thuiszitters" zullen zijn geworden. Tengevolge van de intensieve toename van de bevolkingsdichtheid en de groei van de vervoersproblemen, zullen leiders van ondernemingen al hun zaken per telefoon moeten afwikkelen, daar het ondoenlijk zal zijn nog persoonlijk contact na te streven.

Deze omstandigheden plus de behoefte aan een vervanging voor de steeds groeiende literatuurberg, zullen het ontstaan van reusachtige elektronische informatiecentra in de hand werken, waarmede elk individu in staat is zich in verbinding te stellen.

Verder stelt de schrijver zich voor, dat tegen het jaar 2000 in het algemeen de gedachtenwisseling tussen personen uitsluitend zal plaatsvinden door het overseinen van intellect en informatie; informatieoverbrenging door het omstan-

dig transport van drukwerken en zelfs van menselijke lichamen, zal dan als een eigenaardigheid gelden, die alleen nog uit overlevering bekend is.

GEÏNTEGREERDE SCHAKELING IN HOORAPPARATEN

Philips gaat een begin maken met de toepassing van microminiatuurversterkers in een consumenten-artikel. Het gaat hier om de toepassing van geïntegreerde halfgeleiderschakelingen in de serie achter-het-oor-apparaten. Een groep artikelen, waarin aan deze gevorderde techniek ongetwijfeld de meeste behoefte bestaat, hoewel van de nieuwe technische ontwikkeling nog niet ten volle geprofiteerd kan worden daar andere onderdelen van het hoorapparaat — zoals microfoon, telefoon, volumeregelaar en batterij — nog de totale afmetingen bepalen.

De geïntegreerde schakeling die een complete versterkereenheid omvat, bestaande uit drie transistors en twee weerstanden, is niet meer dan een blokje van 2,7 bij 2,7 bij 1,1 mm.

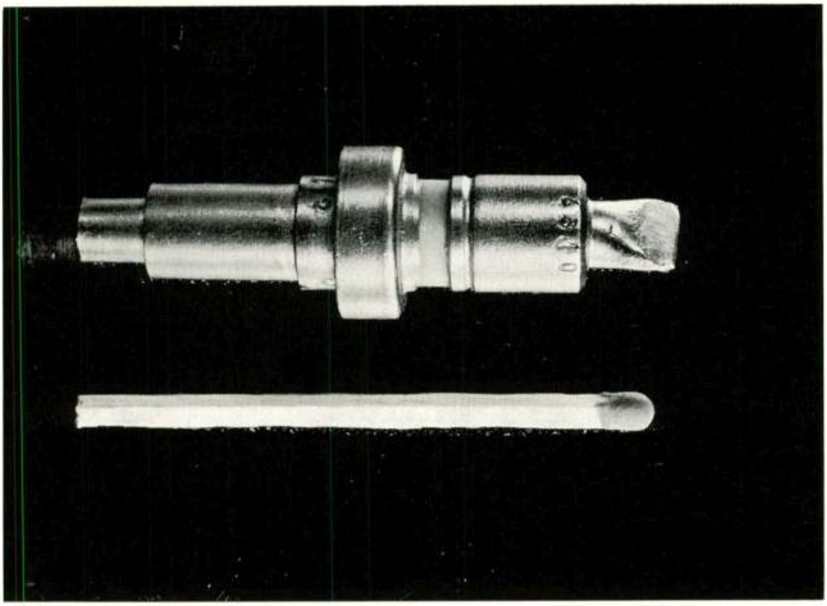
Bij de geïntegreerde schakelingen wordt zoals bekend uitgegaan van een halfgeleiderkristal, waarop door een reeks van oppervlaktebehandelingen zoals etsen, opdampen en diffusie, een schakeling van transistors en weerstanden wordt opgebouwd. Bij de schakeling die nu in de hoorapparaten komt, zijn nog slechts vier aansluitpunten aanwezig voor verbindingen met batterij, microfoon en eventueel een krachttransistor. Het totaal aantal soldeerverbindingen is dus wel zeer gering geworden, hetgeen de betrouwbaarheid van de hoorapparaten in hoge mate ten goede komt.

AMPEX-VIDEORECORDER



In 1966 zal deze niet-professionele videorecorder met twee snelheden (9,6 en 4,8 inch per seconde) verkrijgbaar zijn. Bij de hoogste snelheid zal de kwaliteit voor kleurentelevisie toereikend zijn. Bij de laagste snelheid (goede kwaliteit zwart-wit televisie) kan twee uur lang worden opgenomen op één 9½ inch-haspel.

ZENDBUIS MARINER IV



Deze opname toont de schijftriode (Siemens RH 7 C-c) die als zendbuis fungeerde in de ruimtesonde MARINER IV die op 14 juli 1965 opnamen maakte van de planeet Mars. Bij 2300 MHz kan dit buisje 8-10 Watt leveren bij een anodespanning van 500 volt.

BOEKAANKONDIGINGEN E.D.

„Transmission Loss predictions for tropospheric Communication Circuits". Onder deze titel werd door het National Bureau of Standards Technical Note 101 uitgegeven (2 delen, 378 bladzijden, prijs $ 2,—).
Dit memorandum geeft de middelen om te berekenen welke troposferische transmissiedemping men kan verwachten en dit voor een groot frequentiegebied bij diverse klimaat- en bodemgesteldheden.

In de Siemens-reeks Technische Mitteilungen Halbleiter verscheen deel 2 van „Fernseh — ZF — Verstärker mit Mesatransistoren".

BOEKBESPREKING

„*Circuit Theory Analysis*" door J. Mittleman, Iliffe Books Ltd, London, 1965. 461 bladzijden, 440 figuren. Prijs 63 sh.

In dit, oorspronkelijk in de Verenigde Staten uitgegeven, boek worden de beginselen van de netwerktheorie op duidelijke wijze gepresenteerd. Ieder hoofdstuk bevat naast een aantal uitgewerkte voorbeelden ook vraagstukken.
De eerste drie hoofdstukken hebben een inleidend karakter, lading, stroom, spanning, wetten van Kirchhoff, serie- en parallelschakeling, complexe rekenwijze. Hoofdstuk 4 en 5 behandelen de responsie van RL-, RC- en RLC-netwerken bij het inschakelen van een gelijkspanning. In de hoofdstukken 6 en 7 worden de ele-

mentaire schakelingen met R, L en C bekeken voor sinusvormige spanningen (zonder inschakelverschijnselen).

De complexe frequentie wordt geïntroduceerd in hoofdstuk 8. Het volgende hoofdstuk bespreekt de technieken die voor het berekenen van meermazige netwerken van belang zijn, inclusief de theorema's van Thévenin en Norton, sterdriehoektransformaties en reciprociteitstheorema.

Hoofdstuk 10 is gewijd aan vierpooltheorie, hoofdstuk 11 aan de speciale vierpool die transformator heet. Hoofdstuk 12 tenslotte gaat over de fourieranalyse van niet-sinusvormige spanningen.

In een zestal appendices vinden we naast wiskundige betrekkingen, „signal-flow"-diagrammen en 3-faze-systemen. Het niveau van dit boek is aangepast aan het BSc-examen, de uitvoering is zoals we van deze uitgever kunnen verwachten.

L. K.

Uit het N.E.R.G.

AANVULLING VAN HET EXAMEN-REGLEMENT VOOR RADIOTECHNICUS

Op grond van een besluit van het bestuur van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap zal de hieronder vermelde aanvulling van het reglement, betreffende het TWEEDE DEEL van het examen voor radiotechnicus, met ingang van *1 oktober 1965* van kracht worden.

1. Aan het EERSTE DEEL van het examen voor radiotechnicus kan door een ieder worden deelgenomen.
2. aan het TWEEDE DEEL van het examen voor radiotechnicus kan slechts worden deelgenomen door hen, die met goed gevolg het EERSTE DEEL van dit examen hebben afgelegd en daarna niet meer dan *twee maal* aan het TWEEDE DEEL hebben deelgenomen.
3. Een candidaat die voor de *derde maal* aan het TWEEDE DEEL heeft deelgenomen en werd afgewezen, wordt slechts toegelaten, na een met gunstig gevolg opnieuw afgelegd examen EERSTE DEEL.

Als overgangsregeling zal gelden dat aan de candidaat, die vóór bovengenoemde datum reeds meer dan twee maal zonder succes aan het TWEEDE DEEL van het examen heeft deelgenomen, wordt toegestaan, nog éénmaal hieraan deel te nemen, met dien verstande, dat dit moet geschieden binnen een periode van vier jaar, na het moment waarop hem de uitslag van het EERSTE DEEL werd bekend gemaakt.

VERSLAG VAN DE JAARLIJKSE ALGEMENE LEDENVERGADERING DD. 8 APRIL 1965 in RESTAURANT-CAFE „ESPLANADE" TE UTRECHT.

1. ALGEMENE LEDENVERGADERING

Van het bestuur zijn aanwezig:
Ir. J. Piket (voorzitter), Ir. G. Rosier (secretaris), Prof. Ir. M. P. Breedveld (penningmeester) en Ir. M. W. van Batenburg.
Namens de redactiecommissie is aanwezig Ir. L. Krul (hoofdredacteur).

Van het bestuur zijn verhinderd:
Ir. A. W. M. Paling (vice-voorzitter), Prof. Dr. Ir. J. L. Bordewijk, Prof. Ir. B. van Dijl en Dr. F. W. de Vrijer.
Ir. P. H. Boukema (voorzitter examencommissie) is eveneens verhinderd de vergadering bij te wonen.

Verder zijn 21 leden aanwezig.

1.1 Opening.

De voorzitter opent de vergadering om 14.00 uur.

1.2 **Notulen Algemene Ledenvergadering dd. 7 april 1964.**

De notulen, gepubliceerd in het Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap, deel 29 - Nr 1 - 1964, worden goedgekeurd.

1.3 **Jaarverslag van de secretaris over 1964.**

Het verslag, dat door de secretaris wordt voorgelezen, geeft de vergadering geen aanleiding tot het maken van opmerkingen. Voorzitter dankt de secretaris voor zijn verslaggeving en deelt mede dat de tekst, zoals gebruikelijk is, in het tijdschrift zal worden gepubliceerd (zie 2.).

1.4 **Jaarverslag van de penningmeester over 1964 en bespreking van de begroting voor 1965.**

.1 In het boekjaar 1963 vond, met betrekking tot de aankoop van een effect, een boeking plaats welke handeling betrekking had op het boekjaar 1964. In verband hiermede werd door de penningmeester een correctie aangebracht in de balans per 31 december 1963. (De correctie bestaat hieruit dat aan de creditzijde van de balans de Amsterdam-Rotterdam Bank nu als crediteur wordt vermeld met een bedrag van *f* 1029,25; het kapitaal van het Genootschap bedroeg op 31-12-1963 *f* 20.709,36 in plaats van *f* 21.738,61).

.2 In zijn verdere toelichting deelt de penningmeester mede dat, o.m. als gevolg van de gestegen drukkosten van het tijdschrift, de aanvankelijk geraamde uitgaven van het Genootschap aanzienlijk zijn overschreden.

.3 Sprekende over de toename van het aantal donateurs, rijst uit de vergadering de vraag, of het mogelijk en wenselijk is het aantal donateurs verder op te voeren. Penningmeester zegt toe hieraan de nodige aandacht te zullen besteden.

.4 Ir. v. d. Beek is het opgevallen dat in het lijstje van donateurs de opleidingsinstituten ontbreken en vraagt of verzuimd werd de daarvoor in aanmerking komende instituten uit te nodigen als donateur toe te treden. Voorzitter antwoordt dat het geen punt van overweging is geweest om, bij de op bescheiden wijze gevoerde donateurswerving, de opleidingsinstituten daarin te betrekken. Het bestuur zal zich hieromtrent nog nader beraden.

.5 Na beantwoording door de penningmeester van nog enkele vragen dankt voorzitter de penningmeester voor diens verslag dat wordt goedgekeurd en eveneens in het tijdschrift zal worden gepubliceerd (zie 3.).

1.5 **Kascommissie.**

.1 Uit het verslag van de kascommissie, bestaande uit de heren Prof. Ir. C. Rodenburg en Ir. W. Herstel, blijkt dat de boeken en bescheiden van de penningmeester werden nagezien en in orde bevonden. De penningmeester wordt hierna met algemene stemmen gedechargeerd voor zijn beleid over 1964.

.2 Tot leden van de kascommissie voor het jaar 1965 worden benoemd de heren Ir. W. Herstel en Brig. Gen. b.d. J. W. E. Mulder. Tot plaatsvervangende leden van deze commissie worden benoemd de heren Ir. S. Gratama en Ir. W. P. Jorritsma.

1.6 **Contributie voor 1966.**

Het bestuur wordt gemachtigd om, indien zulks noodzakelijk zal zijn, de contributie voor het jaar 1966 te verhogen tot *f* 25,—.

1.7 **Bestuursverkiezing.**

.1 De voor periodieke aftreding in aanmerking komende bestuursleden Ir. M. W. van Batenburg, Prof. Ir. M. P. Breedveld, Prof. Ir. B. van Dijl en Dr. F. W. de Vrijer worden allen herkozen.

.2 Voor de vervulling van de vacature van Ir. A. W. M. Paling, die zijn lidmaatschap van het bestuur gaarne zag beëindigd, heeft het bestuur

geen nieuwe candidaat gesteld; in deze vacature wordt niet voorzien.

1.7.3 Het bestuur van het Genootschap voor 1965 zal bestaan uit de heren Ir. J. Piket (voorzitter), Ir. M. W. van Batenburg, Prof. Dr. Ir. J. L. Bordewijk, Prof. Ir. M. P. Breedveld (penningmeester), Prof. Ir. B. van Dijl, Ir. G. Rosier (secretaris) en Dr. F. W. de Vrijer (vice-voorzitter).

1.8 Ballotagecommissie.

Met de ballotagecommissie, bestaande uit de heren Prof. Ir. IJ. Boxma, Ir. P. H. Boukema, Dr. Ir. A. van Weel en Prof. Dr. C. E. Mulders, die in 1963 haar taak begon, is overleg gepleegd teneinde enige continuïteit te verkrijgen voor wat betreft het periodiek aftreden van de leden. Overeengekomen werd dat dit jaar zullen aftreden de heren Ir. Boukema en Prof. Mulders (beiden stellen zich herkiesbaar), terwijl het volgend jaar de beide andere heren zullen aftreden en zo vervolgens. De vergadering verklaart zich met algemene stemmen met deze gedragslijn akkoord. De heren Ir. Boukema en Prof. Mulders worden herkozen.

1.9 Bestuursmededelingen.

De voorzitter brengt tot uitdrukking de bijzondere dank welke het NERG aan Ir. Paling verschuldigd is voor het vele waardevolle werk door hem, gedurende zijn zittingsperiode in het bestuur, voor het Genootschap verricht.

Voorts memoreert de voorzitter dat in het komende verenigingsjaar bijzondere aandacht zal worden besteed aan de problemen rond het tijdschrift waarvan in het jaarverslag van de secretaris reeds melding werd gemaakt.

1.10 Rondvraag en Sluiting.

Ir. Herstel vraagt nog aandacht voor het volgende:

a. Ledenwerving:

Het aantal leden van het Genootschap is, gezien het terrein waarop het Genootschap zich beweegt, vrij gering, aldus Ir. Herstel. Hij vraagt zich af of aan de doelstelling van het Genootschap wel voldoende bekendheid wordt gegeven en verzoekt het bestuur hierover nadere informaties te verstrekken.

b. Secties:

Gezien het ontstaan van steeds meer verenigingen met een specialistisch karakter geeft Ir. Herstel in overweging om secties of onderafdelingen te vormen, waardoor wellicht het ontstaan van allerlei zelfstandige verenigingen, met de daaraan verbonden bezwaren, vermeden zou kunnen worden.

ad a.

Secretaris antwoordt dat „ledenwerving" plaats vindt onder de afstuderenden van de T.H.'s. Van T.H.D., T.H.E. en in de toekomst van T.H.T. wordt regelmatig een opgaaf ontvangen van de candidaten voor het diploma „Elektrotechnisch Ingenieur". Aan deze candidaten wordt een door het bestuur samengestelde brochure gezonden waarin het ontstaan en de doelstelling van het NERG wordt uiteengezet. In een begeleidende brief + aanmeldingsformulier wordt men aangemoedigd als lid toe te treden.

Ir. Herstel betreurt het dat slechts de afstuderenden aan de afdeling der Elektrotechniek van de T.H.'s worden aangeschreven, en stelt voor hierin ook die van de daarvoor in aanmerking komende overige af-

delingen van de T.H.'s en die van de Universiteiten te betrekken. Voorts lijkt het Ir. Herstel nuttig, gezien de aard van zijn tweede opmerking, aan de doelstelling van het Genootschap in bredere kring dan tot nu toe het geval is bekendheid te geven.

Voorzitter zegt toe te zullen nagaan wat hieraan gedaan kan worden.

ad b.

Voorzitter deelt mede, dat ook het bestuur zich dit jaar al even heeft beziggehouden met het denkbeeld van sectievorming, waarvoor ook andere dan de hier genoemde argumenten pleiten. Het vraagstuk is enigszins complex, als ook de verhoudingen ten opzichte van andere verenigingen erin worden betrokken, en eist dus wat voorbereiding. Het bestuur zal er zich in het lopende jaar ernstig mee bezighouden.

Niets meer aan de orde zijnde sluit voorzitter om ca. 15.00 uur de vergadering en geeft het woord aan Ir. M. W. van Batenburg voor diens voordracht: *„Toepassingen op het gebied van de onderwater-akoestiek-SONAR-".*

2. JAARVERSLAG VAN DE SECRETARIS OVER 1964

2.1 Verenigingsprogramma 1964.

In het verslagjaar 1964 werden zeven werkvergaderingen gehouden, een aantal hiervan kwam in samenwerking met zusterverenigingen tot stand. De belangstelling voor deze werkvergaderingen stemde het bestuur tot tevredenheid.

3 maart 1964.

Vergadering, voorbereid door de Benelux Section IEEE, des middags in het gebouw van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs te Den Haag. Spreker was:

Dr. H. P. Williams (Scientist SADTC)	- A Survey of Noise over The Radio Spectrum.

13 maart 1964.

171e Werkvergadering in het gebouw voor Kunsten en Wetenschappen te Utrecht.
De belangstelling was zeer bevredigend.
Sprekers waren:

Ir. L. Krul (Dr. Neher Lab. PTT, Leidschendam).	- Nanoseconde-impulstechniek en microgolfcommunicatie.
Prof. Dr. H. de Waard (Nat. Lab. R.U. Groningen)	- Het gebruik van nanoseconde technieken bij kernfysische metingen.
A. van de Grijp (Nat. Lab. Philips Eindh.).	- Mogelijkheden van de bemonsteringsoscillografie.

7 april 1964.

172e Werkvergadering, tevens jaarlijkse Algemene Ledenvergadering, in het gebouw „Op Gouden Wieken" te Scheveningen.
Voor een volledig verslag van de Algemene Ledenvergadering wordt verwezen naar het Tijdschrift van het NERG deel 29 - nr. 1, 1964.
Na de Algemene Ledenvergadering werd de vergadering voortgezet

met een voordracht van Prof. Ir. Dr. J. L. van Soest. Onderwerp van deze voordracht was: Entropie en informatie als geweten en moraal, in wetenschap en techniek.

5 juni 1964.

173e Werkvergadering, in het Natuurkundig Laboratorium van de N.V. Philips Gloeilampenfabrieken te Waalre.
De druk bezochte vergadering was gewijd aan „Geïntegreerde schakelingen" (microminiaturisatie).
Sprekers waren:

Ir. E. J. van Barneveld (N.V. Philips Eindhoven)	- Elektronische aspecten van geïntegreerde schakelingen.
Dr. A. Rademakers (N.V. Philips Eindhoven)	- Geïntegreerde schakelingen met opgedampte metaalfilms.
Ir. L. J. Tummers (N.V. Philips Eindhoven)	- Kristalschakelingen.
Ir. P. Hospel en C. de Ruyter (N.V. Philips Nijmegen)	- Applicatie en realisatie van kristalschakelingen.

23 september 1964.

174e Werkvergadering, des middags in Hotel Gooiland te Hilversum, met als onderwerp „Zend- en Ontvangtechnieken voor Stereofonie".
Sprekers waren:

Ir. M. Weeda (N.V. Philips Eindhoven)	- Het FCC-stereofonisch systeem (Federal Communication Commission). Enkele opmerkingen t.a.v. mogelijke adaptorschakelingen en storingsgevoeligheid.
Dr. Ir. J. J. Geluk (NRU Hilversum)	- Stereofonische overdracht middels enkelzijband frequentiemodulatie.

19 november 1964.

175e Werkvergadering, in samenwerking met het Nederlandse Rekenmachine Genootschap in het Dr. Neher Laboratorium-PTT te Leidschendam. Ook deze vergadering werd druk bezocht.
Sprekers waren:

Ir. A. M. Reitsema (Dr. Neher Laboratorium-PTT Leidschendam).	- De automatisering van de postbehandeling.
A. A. Spanjersberg (Dr. Neher Laboratorium-PTT Leidschendam).	- De elektronische besturing van sorteermachines.

26 november 1964.

Vergadering, in samenwerking met de Benelux Section IEEE en de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs. Deze vergadering, welke werd voorbereid door de Benelux Section IEEE, werd gehouden des namiddags in het gebouw van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs te Den Haag.
Spreker was:

Dr. W. H. Kautz (Stanford Research Inst., Menlo Park, California USA).	- Codes in communication.

2.2 Bestuur.

Op de Algemene Ledenvergadering van 7 april 1964 trad Ir. J. D. H. van der Toorn af als voorzitter van het Genootschap. Door Prof. Ir. B. van Dijl werd aan Ir. van der Toorn de bijzondere dank van het Genootschap overgebracht voor het waardevolle werk, door hem ten behoeve van het NERG verricht.
Na de bestuursverkiezing in de Algemene Ledenvergadering op 7 april 1964 was het bestuur als volgt samengesteld:

Ir. J. Piket	(voorzitter)
Ir. A. W. M. Paling	(vice-voorzitter)
Ir. G. Rosier	(secretaris)
Prof. Ir. M. P. Breedveld	(penningmeester)
Prof. Ir. B. van Dijl	
Ir. M. W. van Batenburg	
Prof. Dr. Ir. J. L. Bordewijk	
Dr. F. W. de Vrijer	

In het verenigingsjaar vonden geen verdere bestuursmutaties plaats. Het bestuur kwam 4 keer in vergadering bijeen.

2.3 Leden en donateurs.

.1 Leden.

Het bestuur nam met droefheid kennis van het overlijden van Ir. J. T. Jager.
Gedurende het verenigingsjaar 1964 steeg het aantal leden met 15 (de nettoledenwinst van het vorige jaar bedroeg 27).

Aantal leden op 1 januari 1964	555
Lidmaatschap beëindigd	10
	545
Toegetreden	25
Aantal leden op 31 december 1964	570

.2 Donateurs.

Op 23 maart 1964 werd een rondschrijven aan een beperkt aantal bedrijven en instellingen verzonden, waarbij de aandacht werd gevestigd op de doelstelling en de activiteit van het Genootschap. Het moge tot voldoening stemmen, dat als gevolg hiervan, 10 bedrijven en instellingen in positieve zin hebben gereageerd en zich bereid verklaarden als donateur het Genootschap daadwerkelijk te steunen. Het aantal donateurs is hiermee tot 22 gestegen.

2.4 Ballotage-commissie.

De Ballotage-commissie was in het afgelopen verenigingsjaar als volgt samengesteld:
Ir. IJ. Boxma
Ir. P. H. Boukema
Dr. Ir. A. van Weel
Prof. Dr. C. E. Mulders

2.5 Examencommissie.

.1 De examencommissie was in het verslagjaar als volgt samengesteld:

Ir. P. H. Boukema	voorzitter
Prof. Dr. J. J. Zaalberg-v. Zelst	vice-voorzitter
Ir. L. R. M. Vos de Wael	secr.penningmeester

De belangstelling zowel voor het examen „Radiotechnicus" als voor het examen „Radiomonteur" was vergelijkbaar met die voor de examens in 1963.

2.5.2 **Examen Radiotechnicus.**

Voor het volledig examen slaagden dit jaar 64 candidaten.
Deel I deelgenomen 501 geslaagd 81
Deel II deelgenomen 112 geslaagd 59
(6 candidaten kregen een herexamen)
Herexamen: deelgenomen 5, geslaagd 5.
Voor een zeer goed examen werd dit jaar aan 1 candidaat de WERA-fonds examenprijs toegekend.

.3 **Examen Radiomonteur.**

Van de 468 candidaten slaagden er 104 en kregen 9 een herexamen.
Van de 10 candidaten, die een herexamen aflegden, slaagden er 9.

.4 **Examen Theoretische Elektronica.**

Het examen „Theoretische Elektronica" is opgeheven. De zeer geringe belangstelling voor dit examen alsmede de teleurstellende examenresultaten zijn de voornaamste redenen voor deze opheffing. Een afbouwregeling voor het examen is opgezet.

2.6 **Redactiecommissie.**

.1 **Abonné's Tijdschrift.**

Het totaal aantal abonnementen op het tijdschrift bedroeg 711, verdeeld als volgt:

leden	570
donateurs	27
betaalde abonnementen	78
gratis abonnementen	16
ruil-abonnementen	20

.2 **Redactie.**

Gedurende het verslagjaar verschenen van het Tijdschrift de nummers: 5 en 6 van deel 28 (1963) alsmede de nummers 1 en 2 van deel 29 (1964). De totale omvang van deze nummers bedroeg 231 bladzijden.

Een pogen van het bestuur, om met medewerking van een aantal leden te komen tot een uitgebreidere actualiteiten rubriek in het Tijdschrift, heeft niet het gewenste resultaat opgeleverd.
In het verschijnen van het Tijdschrift is door verschillende oorzaken een vrij grote achterstand ontstaan. Een en ander geeft het bestuur aanleiding in 1965 speciale aandacht aan de problemen rond het Tijdschrift te besteden.

2.7 **Ned. URSI-comité.**

.1 **Bestuur**

In 1964 trad Prof. Ir. B. D. H. Tellegen af als voorzitter van het Ned. URSI-comité. Het bestuur van dit comité is nu als volgt samengesteld:

Dr. F. L. Stumpers	voorzitter
Dr. A. D. Fokker	secretaris

.2 Prof. Ir. B. van Dijl heeft als bestuurslid van het NERG zitting in het comité.

2.7.3 Reglement.

De wenselijkheid is gebleken om de betrekkingen tussen het NERG en het Ned. URSI-comité nader vast te leggen. In onderling overleg werd een „ontwerp reglement" opgesteld.

.4 Symposium

Door de URSI wordt een „Symposium on Electromagnetic Wave Theory" georganiseerd. Dit symposium zal van 6—11 september 1965 te Delft worden gehouden.

2.8 Verwante Verenigingen.

De contacten met verwante Verenigingen en Genootschappen bleven beperkt tot de gemeenschappelijke organisatie van lezingen, welke een overlappend technisch gebied behandelen.

2.9 SVEN

(Stichting tot bevordering van het Vakonderwijs op het gebied van Elektronica in Nederland)

In het verslagjaar werd een begin gemaakt met de werkzaamheden welke hopelijk in 1965 zullen leiden tot het opstellen van een aanbeveling aan het Ministerie van O. K. en W.
Deze aanbeveling betreft de inrichting van het elektronica-onderwijs in Nederland op niveaus liggende beneden dat van het HTS-onderwijs. In verband hiermede werd door de SVEN een enquête georganiseerd, o.a. met het doel een inzicht te verkrijgen in het complex van in het bedrijfsleven heersende meningen en wensen betreffende het onderwijs in de elektronica.
Een groot aantal antwoorden werd ontvangen.

3. JAARVERSLAG VAN DE PENNINGMEESTER OVER 1964

3.1 Overzicht van ontvangsten en uitgaven over 1964

ONTVANGSTEN

	Geschat	Uitkomst
Contrib. '63		f 225,—
,, '64	11.000,—	,, 9.900,—
,, '65		,, 1.340,—
Abonnementen en verkoop losse nrs. tijdschrift		,, 963,58
Donaties	3.000,—	,, 3.420,—
K.I.V.I. (lezingen)		,, 215,72
Ned. Nat. Ver. (idem)		,, 263,77
Wera fonds		,, 450,—
Rente spaarbank '63	500,—	,, 392,90
Rente spaarbank '64		,, 76,97
Diversen	Cr.	,, 0,30
Verkoop effect		,, 997,50
Opbr. coupons	800,—	,, 1.158,—
		f 19.403,14
Nadelig saldo		,, 2.500,26
		f 21.903,40

UITGAVEN

	Geschat	Uitkomst
Tijdschr. '63		f 10.641,32
,, '64	8.500,—	,, 2.072,49
Onkosten sprekers en Honoraria	5.870,—	,, 4.981,50
Examenprijzen		,, 100,—
Onk. Bestuur	800,—	,, 544,41
Onk. Red. Comm.	200,—	,, 60,50
Zaalhuur	500,—	,, 315,15
Drukwerk	1.000,—	,, 797,02
Contrib. V.E.V.	100,—	,, 100,—
Drukken statuten		,, 434,84
Bankkosten		,, 34,20
Aankoop effect		,, 1.029,25
Diversen	500,—	,, 792,72
		f 21.903,40

TOELICHTING

Evenals het vorig jaar is de contributie van de leden regelmatig binnengekomen. Slechts enkele leden hebben nog niet betaald. Het aantal donateurs is niet onbelangrijk uitgebreid, het totaalbedrag aan donaties bedraagt thans ƒ 3.420,—.

In verband met de adreswijziging van de penningmeester is de rekening bij de Spaarbank te Delft opgeheven en overgeboekt naar de Amsterdam-Rotterdam Bank te Enschede. Over 1963 bedroeg de rente ƒ 542,90, waarvan ƒ 150,— ten gunste van de URSI is gebracht. Bij de opheffing van de rekening is tevens de rente over 1964 verrekend. Deze bedroeg ƒ 76,97. In verband met de uitbreiding van het effectenbezit bedroeg de rente hierop ƒ 1.158,—.

Aan losse nummers van en abonnementen op het Tijdschrift is totaal verkocht ƒ 1.623,58, waarvan nog ƒ 660,— moet worden ontvangen.

Van het Tijdschrift moeten de nummers 2, 3 en 4 van het jaar 1964 nog worden betaald. Hiervan zijn nog geen rekeningen ontvangen.

Uit het Wera-Fonds is één prijs van ƒ 100,— uitgereikt.

3.2 **Balans per 31 december 1963 (gecorrigeerd).**

DEBET		CREDIT	
Saldo girorekening	ƒ 1.342,67	Reeds ontvangen contributie '64	ƒ 1.140,—
Saldo Spaarbank	„ 2.341,79	Tijdschrift 1963	„ 8.779,60
Effecten	„ 26.779,63	Adm. Kosten Penningm.	„ 250,—
Kantoorinventaris (10% afschr.)	„ 433,80	Saldo Amsterdam-Rotterdam Bank	„ 1.029,25
Nog te ontvangen contributie '63	„ 220,—	Kapitaal	„ 20.709,36
K.I. v.I. (Sectie Telecomm.)	„ 395,16		
Ned. Natuurk. Ver.	„ 395,16		
	ƒ 31.908,21		ƒ 31.908,21

3.3 **Balans per 31 december 1964.**

DEBET		CREDIT	
Saldo girorekening	ƒ 1.136,90	Reeds ontvangen contributie 1965	ƒ 1.385,—
Saldo bankrekening	„ 47,30	Nog te betalen tijdschrift 1964	„ 4.000,—
Effecten	„ 24.766,—	Kapitaal	„ 21.870,80
Kantoor Inventaris (10% afschrijving)	„ 385,60		
Nog te ontvangen contributie 1964	„ 260,—		
Debiteuren (abonnementen en losse nrs. tijdschrift)	„ 660,—		
	ƒ 27.255,80		ƒ 27.255,80

3.4 **Begroting voor 1965.**

INKOMSTEN		UITGAVEN	
Contributies	ƒ 11.000,—	Tijdschrift	ƒ 10.000,—
Donaties	„ 3.420,—	Onkosten sprekers en Honoraria	„ 5.370,—
Opbrengst coupons	„ 1.500,—	Onkosten Bestuur	„ 800,—
Rente Bankboekje	„ 250,—	Onk. Redactie Comm.	„ 200,—
Abonnementen en verkoop losse nummers tijdschr.	„ 1.500,—	Zaalhuur	„ 500,—
Saldo	„ 800,—	Drukwerk	„ 1.000,—
		Contributie VEV	„ 100,—
		Diversen	„ 500,—
	ƒ 18.470,—		ƒ 18.470,—

3.5 Nederlands Nationaal Comité voor de U.R.S.I.

.1 Inkomsten en uitgaven over 1964.

INKOMSTEN		UITGAVEN	
Donaties 1964	f 2.300,—	Diversen	f 22,—
Rente	„ 150,—	Contributies '64	„ 2.173,34
		Congres	„ 4.000,—
	f 2.450,—		
Nadelig saldo	„ 3.745,34		
	f 6.195,34		f 6.195,34

.2 Balans per 31 december 1964.

DEBET		CREDIT	
Saldo Bank	f 2.831,38	Saldo per 31 dec. '64	f 2.831,38

3.6 Examencommissie van het NERG.

.1 Staat van ontvangsten en uitgaven over 1964.

ONTVANGSTEN		UITGAVEN	
Examengelden voorjaar	f 24.510,—	Vacatiegelden	f 7.625,60
Examengelden najaar	„ 17.712,50	Reis- en verblijfkosten	„ 5.619,49
Rente Nutsspaarbank (1963)	„ 1.140,75	Zaalhuur	„ 2.891,70
Verkoop uitgewerkte examenopgaven	„ 830,—	Verbruiksartikelen	„ 1.494,11
Diversen	„ 41,90	Meubilair, instrumenten, gereedschappen	„ 1.094,33
		Onderhoud idem	„ 749,16
		Drukwerk	„ 2.667,60
		Porti	„ 972,85
		Telefoon	„ 527,22
		Kantoorbehoeften	„ 431,28
		Samenstellen examenopgaven	„ 2.115,37
		Correctiewerk	„ 6.600,—
		Administratiekosten	„ 4.800,—
		Publikatie examenopgaven	„ 535,84
		Terugbetaling examengelden	„ 524,—
		Diversen	„ 149,50
			f 38.798,05
		Voordelig saldo	„ 5.437,10
	f 44.235,15		f 44.235,15

.2 Balans per 31 december 1964.

DEBET		CREDIT	
Saldo giro	f 1.030,75	Kapitaal	f 49.287,83
Saldo Nutsspaarbank	„ 37.524,33		
Saldo kas (incl. zegels)	„ 141,76		
Instrumenten	„ 6.571,83		
Meubilair, kantoormachines	„ 3.606,50		
Gereedschappen	„ 412,66		
	f 49.287,83		f 49.287,83

VERSLAG OVER DE ACTIVITEITEN VAN HET NEDERLANDS NATIONAAL URSI-COMITE IN 1964

Het Nederlands Nationaal URSI-Comité kwam eenmaal in vergadering bijeen, en wel op 15 mei 1964. In deze vergadering werd besloten tot het verlenen van een subsidie à *f* 4000,— aan het Organiserend Comité van het Symposium over de theorie van elektromagnetische golven van 6 tot 11 september 1965 te Delft. Voorts werd besloten de volgende personen tot het lidmaatschap van het Comité uit te nodigen: prof. ir. B. van Dijl (als vertegenwoordiger van het NERG-Bestuur), ir. L. Krul, prof. dr. R. Timman en prof. ir. A. A. T. M. van Trier. Als nieuwe leden voor URSI-commissies werden voorgedragen: ir. J. C. Dito (Cie III), ir. L. Krul (Cie II), drs. H. J. A. Vesseur (Cie II), prof. dr. R. Timman (Cie VI).

De genoemde heren hebben intussen hun benoeming aanvaard.

In dezelfde vergadering werd het voorzitterschap, dat jarenlang was bekleed door prof. Tellegen, overgedragen aan dr. Stumpers.

Een nieuwe lijst van Nederlandse URSI-leden en van leden van het Nationale Comité werd gepubliceerd in URSI-Information Bulletin No. 145.

Een verslag over het URSI-Congres in Tokio, 1963, opgesteld door de heren Alexander, Bremmer, Muller en Stumpers, werd gepubliceerd in het Tijdschrift van het NERG, deel 28, no. 6.

NIEUWE LEDEN

G. B. Deelman, Poptahof Noord 269, Delft.
Ir. H. M. J. Mevissen, Odolphusstraat 35, Delft.
Ir. A. Meyer, Deelenstraat 2, Geldrop.
Ir. R. J. Nienhuis, Grameystraat 24, Nijmegen.
Ir. R. C. Tan, Caspar Fagelstraat 10, Delft.
Ir. G. Verkroost, Thorbeckeplantsoen 3, Maastricht.
Ir. H. A. M. Wiggers, Van Adrichemstraat 103, Delft.

VOORGESTELDE LEDEN

B. T. J. Holman, A. Paulownadreef 4, Meerveldhoven.
J. H. Schaatsberg, Oude Amersfoortseweg 275, Hilversum.
Ir. C. van Velthooven, Middelburgsestraat 33, Scheveningen.

NIEUWE ADRESSEN VAN LEDEN

Ir. J. A. Aarsen, Aaltje Noordewierlaan 12, Bussum.
Ir. C. Bakker, Zwaluwlaan 17, Leidschendam.
Ir. J. W. T. M. A. Cramer, Wagenweg 19, Haarlem.
Ir. J. W. Ero, Broerelaan 17, Eindhoven.
Ir. G. A. Klein, Indústria Brasileira de Eletricidade S.A., Rua Amador Bueno, 474 (Santo Amaro) Caixa Postal 3.159, Sao Paulo, Brazilie.
Ir. A. Kok, Zwaluwlaan 15, Leidschendam.
Ir. F. C. de Ronde, Volmolen 11, Riethoven (post Waalre).
C. A. Smit, Copernicuslaan 100, Den Haag.
Dosent H. Sörbye, Inst. v. Telefoontechniek, Trondheim, Noorwegen.
Dr. Ir. W. J. D. Steenaart, Department of Electrical Engineering, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York, U.S.A.
Ir. L. A. M. Verbeek, Thorbeckestraat 35, Delft.
Ir. M. J. Vermeijden, Ieplaan 104, Den Haag.
Ir. R. Viddeleer, Burg. C. van Necklaan 606, Leidschendam.

OVERLEDEN

Dr. Ir. J. van Slooten, van Meursstraat 27, Eindhoven.

BEDANKT ALS LID

Ktz. J. C. Jurrjens, Nachtegaallaan 67, Son.

Dit nummer werd gedrukt op 21 september 1965.